



**STEVIA İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM FORMÜLASYONLARININ
GELİŞTİRİLMESİ VE YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMA İLE MODİFİYE
ATMOSFERDE AMBALAJLAMA KOMBİNASYONUNUN AZ İŞLEM
GÖRMÜŞ ELMALARIN RAF ÖMRÜNE ETKİLERİ**

ŞEYDA KARAGÖZ

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Doç. Dr. ASLIHAN DEMİRDÖVEN
Mayıs - 2018**

Her hakkı saklıdır

**T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**STEVIA İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM FORMÜLASYONLARININ
GELİŞTİRİLMESİ VE YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMA İLE
MODİFİYE ATMOSFERDE AMBALAJLAMA
KOMBİNASYONUNUN AZ İŞLEM GÖRMÜŞ ELMALARIN RAF
ÖMRÜNE ETKİLERİ**

ŞEYDA KARAGÖZ

**TOKAT
Mayıs - 2018**

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

**Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2016/46 nolu
proje ile desteklenmiştir.**

Şeyda Karagöz tarafından hazırlanan **“Stevia İçeren Yenilebilir Film Formülasyonlarının Geliştirilmesi ve Yenilebilir Film Kaplama İle Modifiye Atmosferde Ambalajlama Kombinasyonunun Az İşlem Görmüş Elmaların Raf Ömrüne Etkileri”** adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11 MAYIS 2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği/ Oy Çokluğu ile Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. ASLIHAN DEMİRDÖVEN
Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. ÜMRAN ÇİÇEK
Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. ŞENİZ KARABIYIKLI
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

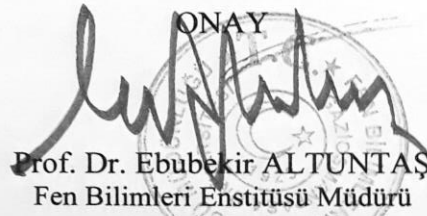


Üye
Dr. Öğr. Üyesi LEVENT ŞEN
Giresun Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi HAMZA BOZKIR
Munzur Üniversitesi



ONAY

Prof. Dr. Ebubekir ALTUNTAŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

01.06/2018

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

ŞEYDA KARAGÖZ
11 Mayıs 2018

ÖZET

DOKTORA TEZİ

STEVIA İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM FORMÜLASYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ VE YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMA İLE MODİFİYE ATMOSFERDE AMBALAJLAMA KOMBİNASYONUNUN AZ İŞLEM GÖRMÜŞ ELMALARIN RAF ÖMRÜNE ETKİLERİ

ŞEYDA KARAGÖZ

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ASLIHAN DEMİRDÖVEN

Bu tez çalışmasında, geliştirilen kitosan (Kİ) ve sodyum aljinat (SA) bazlı yenilebilir film formülasyonlarının ve bunların stevia (S) ekstraktları içeren kombinasyonlarının dilimlenmiş Amasya çeşidi elmalara uygulanması ile tüketime hazır elma dilimlerinin üretilmesi ve raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada ilk olarak ön denemelerle yenilebilir film formülasyonları geliştirilmiş ve ardından oluşturulan filmlere dilimlenmiş elmalar daldırılarak, daldırma süreleri tespit edilmiştir. Daha sonra ise kaplanmış elmaların kurutma süreleri, modifiye atmosferde paketlenmelerinde (MAP) kullanılacak olan ambalaj materyali ve kaplanmış elmaların ambalaj içerisindeki depolanma süresi belirlenmiştir. Belirlenen formülasyonlar: Kitosan kaplama için %0.75 kitosan, %1 asetik asit (AS), %1.5 gliserol (Gl) ve %2 askorbik asit (AA); sodyum aljinat için %1.25 sodyum aljinat, %10 gliserol ve %2 askorbik asit şeklindedir. Ayrıca stevia içeren filmler için her iki filme %2.5 olacak şekilde stevia ekstraktı ilave edilmiştir. Filmlere elmaları daldırma süresi her iki film için 30 dak, kurutma süreleri kitosan filmi için 60 dak ve sodyum aljinat filmi için 120 dak olarak belirlenmiştir. Denenen polietilen (30 µm) (PE) ve polipropilen (30 µm) (PP) ambalaj materyalleri içerisinde en iyi sonucu PP vermiştir. Ayrıca +1 °C'de 8 gün depolama sonucunda depolama süresi her iki film için de 3 gün olarak belirlenmiştir.

Dilimlenmiş elmalar kaplanarak PP ambalajda +1 °C'de 3 gün depolanmış ve her gün örnek alınarak fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizlere tabi tutulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki film kaplamanın da polifenoloksidaz (PPO) enzim aktivitesini baskıladığı, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerini arttırdığı, solunumu yavaşlattığı, titrasyon asitliği değerini yükselttiği ve pH değerini düşürdüğü tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). Bununla birlikte her iki film grubunun da belirli bir süre bozulmadan kaldığı, ağırlık kaybetmediği tespit edilmiştir. Stevia ekstraktlarının her iki film çeşidinde kullanılmasının toplam fenolik ve antioksidan kapasite değerlerini arttırdığı ancak ürünlerin kabul edilebilirliğini azalttığı belirlenmiştir ($p \leq 0.05$).

Mikrobiyolojik analizler dikkate alındığında ise kitosan ve stevia içeren filmlerinin toplam mezofilik bakteri (TMAB) ve toplam maya-küf (TMK) gelişimini azalttığı ($p \leq 0.05$) ancak sodyum aljinatın bu konuda kitosan gibi etkili olmadığı ($p \leq 0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte toplam aerobik psikrofilik bakteri (TPAB) sayısı tüm gruplarda tespit edilebilir miktarın altında ($< 2 \log \text{ kob/g}$) belirlenmiştir.

2018, 199 SAYFA

ANAHTAR KELİMELELER: Yenilebilir film, Kitosan, Sodyum aljinat, Stevia, MAP, Elma, Raf ömrü.



ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

DEVELOPMENT OF EDIBLE FILM FORMULATIONS CONTAINING STEVIA AND EFFECT OF COMBINATION OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING WITH EDIBLE FILM COATING ON SHELF LIFE OF MINIMALLY PROCESSED APPLE

ŞEYDA KARAGÖZ

**GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

SUPERVISOR: Assoc Prof. Dr. ASLIHAN DEMİRDÖVEN

In this thesis, it was aimed to produce edible film formulations based on chitosan (KI) and sodium alginate (SA) and their combinations containing stevia (S) extracts; and to determine the shelf life of ready-to-eat apple slices by applying these produced edible film formulations on sliced Amasya type apples.

Initially, edible film formulations were developed in the study and then dipping times were determined by immersing the sliced apples into the formed films. Then, the drying times of the coated apples, the packaging material used in the modified atmosphere packaging (MAP) and the storage time of the coated apples in the package were determined. Formulations specified are as follows: for chitosan coating 0.75% chitosan, 1% acetic acid, 1.5% glycerol and 2% ascorbic acid (AA); for sodium alginate 1.25% sodium alginate, 10% glycerol and 2% ascorbic acid. In addition, both films were produced with stevia extract (2.5% last concentration) for films containing stevia. Dipping times were determined as 30 minutes for both films, drying times were determined as 60 min for the chitosan film and 120 min for the sodium alginate film. The best result from the tested polyethylene (30 µm) (PE) and polypropylene (30 µm) (PP) packaging materials is belong to PP. In addition, the storage times were determined as 3 days for both films, in consequences of storage times at +1 °C for 8 days.

Sliced apples were coated and stored in PP package at +1 °C for 3 days and sampled daily for physical, chemical, microbiological and sensory analysis. When the results were evaluated, it was seen that both film coatings increased the total phenolic and total antioxidant capacity values and inhibited the polyphenol oxidase enzyme activity, slowed down the respiration, increased the titration acidity value and on the other hand decreased the pH value ($p \leq 0.05$). However, it was determined that both film groups remained unspoiled for a length of time and did not lose weight. It has been specified that the use of stevia extracts in both film types increased the total phenolic and antioxidant capacity but affected the products negatively in terms of sensory evaluation ($p \leq 0.05$). When

microbiological analyzes were taken into consideration, it was determined that chitosan film and its stevia form reduced total aerobic mesophilic bacteria (TMAB) and total yeast and mold growth (TYM) ($p \leq 0.05$), but sodium alginate was not as effective as chitosan in this respect ($p \leq 0.05$). Also, the number of total aerobic psychrophilic bacteria (TPAB) was under the detectable level in all groups.

2018, 199 PAGE

KEYWORDS: Edible film, Chitosan, Sodium alginate, Stevia, MAP, Apple, Shelf life.



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesi süresince her anlamda yardımını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN'e; tezimin değerlendirilmesine katkı sağlayan tez izleme komitesi üyelerim Sayın Doç. Dr. Şeniz KARABIYIKLI ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Levent ŞEN'e; elmaların kaplanması aşamasında yardımlarını esirgemeyen öğrencilerime ve iş arkadaşlarıma, tez çalışmamın yürütülmesinde maddi destek sağlayan Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' ne teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bugüne kadar maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme şükran ve sevgilerimi sunarım.

ŞEYDA KARAGÖZ
11 Mayıs 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Kitosan	6
2.2. Sodyum Aljinat	16
2.3. Stevia rebaudiana	22
2.4. Modifiye Atmosferde Ambalajlama	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Yenilebilir Film Formülasyonlarının Oluşturulması	32
3.1.1. Kitosan film formülasyonu.....	32
3.1.2. Sodyum aljinat film formülasyonu	33
3.1.3. Yenilebilir film+stevia kombinasyonlarına ait formülasyonlar	33
3.1.4. Stevia filmi formülasyonu	33
3.1.5. Kitosan+sodyum aljinat+stevia kombinasyonları ile film üretimi	34
3.2. Yenilebilir Filmlerin Elma Dilimlerine Uygulanması	36
3.2.1. Elmalara uygulanan ön işlemler	36
3.2.2. Elmaların filme daldırılması ve daldırma sürelerinin tespiti	36
3.2.3. Filme daldırılan elmaların kurutma sürelerinin tespiti	36
3.3. Kaplanmış Elmalara MAP Uygulanması ve Depolama Süresinin Tespiti	36
3.3.1. Ambalajlama işlemi.....	37
3.3.2. Depolama süresinin tespiti	37
3.4. Analiz Yöntemleri.....	38
3.4.1. Fizikokimyasal analizler.....	38

3.4.2. Duyusal analiz	44
3.4.3 Mikrobiyolojik analizler.....	45
3.4.4 İstatistiksel analiz	46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Yenilebilir Film Formülasyonlarının Oluşturulması	47
4.1.1. Kitosan ve kitosan+stevia yenilebilir filmi	47
4.1.2. Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia filmi	48
4.1.3. Stevia ve kitosan+sodyum aljinat+stevia filmi	50
4.2. Elmaların Yenilebilir Filmle Kaplanması ve MAP Uygulamaları	50
4.2.1. Yenilebilir film uygulamalarının elma dilimlerine etkisi.....	50
4.2.2. Daldırma süresi ve sayısının tespiti.....	55
4.2.3. Filmlerin kuruma süresinin tespiti.....	57
4.2.4. Ambalaj filmi seçimi ve depolanma süresinin belirlenmesi	60
4.3. Depolama Süresince Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi	69
4.3.1. Kitosan içeren yenilebilir film grubundaki kalite değişimleri.....	69
4.3.2. Sodyum aljinat içeren yenilebilir film grubundaki kalite değişimleri...	112
5. SONUÇ	147
6. KAYNAKLAR	152
7. EKLER.....	176
8. ÖZGEÇMİŞ	180

KISALTMALAR

Kısaltmalar

Açıklama

AA	Askorbik asit
a/h	Ağırlık/hacim
ANOVA	Varyans analizi
AS	Asetik asit
aw	Su aktivitesi
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
dak	Dakika
DPPH	1-1-difenil 2-pikril hidrazil
FCR	Fenolik yöntemi
GA	Gallik asit
GL	Gliserol
K	Kontrol grubu örnek
Kİ	Kitosan kaplı örnek
KİS	Kitosan+stevia kaplı örnek
KM	Kuru madde
MAP	Modifiye atmosferde ambalajlama
ORAC	Oksijen radikal absorban kapasite
p	Puan
PE	Polietilen
PPO	Polifenoloksidaz
PP	Polipropilen
S	Stevia
sa	Saat
SA	Sodyum aljinat kaplı örnek
SAS	Sodyum aljinat+stevia kaplı örnek
SÇKM	Suda çözünür kuru madde
μmol TE/g	Mikromol troloks eşdeğeri/gram
TEAC	Troloks eşiti antioksidan kapasite

TPAB	Toplam psikrofilik aerobik bakteri
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
TMK	Toplam maya küf
TYM	Total yeast and mold
UD	Ultrasonik degaz



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Kurutulmuş stevia yaprağı.....	30
Şekil 3.2. Film üretimi ve uygulamaları	32
Şekil 3.3. Ambalaj yapımı (PE, PP).....	37
Şekil 4.1. %1.5 Kİ (A), %1 Kİ (B), %0.5 KİS (C) film	48
Şekil 4.2. %1 SA (A), %1.5 SAS (B), %1.25 SAS (C) film.....	49
Şekil 4.3. %2 AA'ya sonra 15 dak-%0.5 Kİ'ye daldırma süreleri; (A) Film kaplı (B) Kaplanmamış	52
Şekil 4.4. %0.5 Kİ (AA'lı)'ye daldırma süreleri (A) Film kaplı (B) Kaplanmamış	52
Şekil 4.5. Filmlerin PE'deki durumu (3. gün-4 °C); (A) K, (B) %2.5 S, (C) %0.75 KİS, (D) %0.75 Kİ.....	53
Şekil 4.6. Filmlerin PP'deki durumu (3.gün-4 °C); (A) K, (B) %2.5 S, (C) %0.75 KİS, (D) %0.75 Kİ.....	54
Şekil 4.7. Filme UD uygulaması; öncesi (A) ve sonrası (B)	55
Şekil 4.8. SA oranları ve daldırma süreleri (4 °C, sırasıyla 1. ve 2. gün).....	56
Şekil 4.9. İkinci daldırma işleminin etkisi	57
Şekil 4.10. K, Kİ, KİS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) %O ₂ değerleri.....	60
Şekil 4.11. K, Kİ, KİS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) %CO ₂ değerleri	61
Şekil 4.12. K, Kİ, KİS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) % ağırlık kaybı değerleri.....	62
Şekil 4.13. Film kaplı elmaların PP ve PE ambalajlarındaki 3. gün görüntüsü	64
Şekil 4.14. MAP'da K, Kİ, KİS, SA, SAS gruplarının O ₂ solunum hızları	67
Şekil 4.15. MAP'da K, Kİ, KİS, SA, SAS gruplarının CO ₂ solunum hızları...	67
Şekil 4.16. K, Kİ, KİS paket içi %O ₂ -%CO ₂ değişimleri.....	79
Şekil 4.17. K, Kİ ve KİS gruplarının paket içi %O ₂ değerleri.....	81
Şekil 4.18. K, Kİ ve KİS gruplarının paket içi %CO ₂ değerleri	81

Şekil 4.19. K, Kİ ve KİS gruplarının pH değerleri	83
Şekil 4.20. K, Kİ ve KİS gruplarının titrasyon asitliği (%) değerleri	85
Şekil 4.21. K, Kİ ve KİS gruplarının %KM değerleri	87
Şekil 4.22. K, Kİ ve KİS gruplarının %SÇKM değerleri	89
Şekil 4.23. K, Kİ ve KİS gruplarının aw değerleri	91
Şekil 4.24. K, Kİ ve KİS gruplarının %bozulma değerleri	94
Şekil 4.25. K, Kİ ve KİS gruplarının doku değerleri	95
Şekil 4.26. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti L* değerleri	98
Şekil 4.27. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti a* değerleri	98
Şekil 4.28. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti b* değerleri	99
Şekil 4.29. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu L* değerleri	104
Şekil 4.30. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu a* değerleri	104
Şekil 4.31. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu b* değerleri	105
Şekil 4.32. K, SA ve SAS paket içi %O ₂ -CO ₂ değişimleri	119
Şekil 4.33. K, SA ve SAS gruplarının %O ₂ değerleri	120
Şekil 4.34. K, SA ve SAS gruplarının %CO ₂ değerleri	121
Şekil 4.35. K, SA ve SAS gruplarının pH değerleri	124
Şekil 4.36. K, SA ve SAS gruplarının titrasyon asitliği değerleri	124
Şekil 4.37. K, SA ve SAS gruplarının %KM değerleri	126
Şekil 4.38. K, SA ve SAS gruplarının %SÇKM değerleri	127
Şekil 4.39. K, SA ve SAS gruplarının su aktivitesi değerleri	129
Şekil 4.40. K, SA ve SAS gruplarının %bozulma değerleri	131
Şekil 4.41. K, SA ve SAS gruplarının doku değerleri	133
Şekil 4.42. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti L* değerleri	134
Şekil 4.43. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti a* değerleri	136
Şekil 4.44. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti b* değerleri	136
Şekil 4.45. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu L* değerleri	140
Şekil 4.46. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu a* değerleri	141
Şekil 4.47. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu b* değerleri	141

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1a. Ön deneme film formülasyonları	34
Çizelge 3.1b. Ön deneme film formülasyonları	35
Çizelge 3.1c. Ön deneme film formülasyonları	36
Çizelge 3.2. Duyusal analiz değerlendirme formu	45
Çizelge 4.1. Farklı konsantrasyonlarda kitosan ile kaplanan mangoların %su içeriği değerleri (Chien ve ark., 2007)	52
Çizelge 4.2. K grubunun farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri.....	62
Çizelge 4.3. Kİ ve KİS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri	63
Çizelge 4.4. SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri	63
Çizelge 4.5. Kİ ve KİS için ön denemelerde belirlenen üretim ve çalışma koşulları	65
Çizelge 4.6. SA ve SAS için ön denemelerde belirlenen üretim ve çalışma koşulları	65
Çizelge 4.7. K, Kİ ve KİS gruplarının polifenoloksidaz enzim aktivitesi değerleri	71
Çizelge 4.8. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait toplam fenolik madde değerleri	74
Çizelge 4.9. K, Kİ ve KİS gruplarının toplam fenolik madde değerleri.....	74
Çizelge 4.10. K, Kİ ve KİS gruplarının antioksidan kapasite değerleri	76
Çizelge 4.11. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait antioksidan kapasite değerleri	77
Çizelge 4.12. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait SÇKM değerleri	88
Çizelge 4.13. K, Kİ ve KİS gruplarının ağırlık kaybı değerleri.....	93
Çizelge 4.14. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti ΔE değerleri	101
Çizelge 4.15. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti ΔC değerleri	102

Çizelge 4.16. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti hue açısı değerleri	103
Çizelge 4.17. K, Kİ ve KİS gruplarının depolama başlangıcı duyusal analiz değerleri (0-5p üzerinden)	106
Çizelge 4.18. K, Kİ ve KİS gruplarının TMAB sonuçları (log kob/g)	107
Çizelge 4.19. K, Kİ ve KİS gruplarının TPAB sonuçları (log kob/g)	108
Çizelge 4.20. K, Kİ ve KİS gruplarının TMK sonuçları (log kob/g).....	109
Çizelge 4.21. K, SA ve SAS gruplarının polifenoloksidaz enzim aktivitesi (U/g dak) değerleri.....	113
Çizelge 4.22. K, SA ve SAS gruplarının toplam fenolik madde (GA mg/l) değerleri	115
Çizelge 4.23. K, SA ve SAS gruplarının antioksidan kapasite (mM TE/g) değerleri	117
Çizelge 4.24. K, SA ve SAS gruplarının ağırlık kaybı değerleri.....	130
Çizelge 4.25. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti ΔE değerleri	138
Çizelge 4.26. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti ΔC değerleri	139
Çizelge 4.27. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti hue açısı değerleri	139
Çizelge 4.28. K, SA ve SAS gruplarının depolama başlangıcı duyusal analiz değerleri.....	142
Çizelge 4.29. K, SA ve SAS gruplarının TMAB sonuçları (log kob/g)	143
Çizelge 4.30. K, SA ve SAS gruplarının TPAB sonuçları (log kob/g).....	144
Çizelge 4.31. K, SA ve SAS gruplarının TMK sonuçları (log kob/g).....	145

1. GİRİŞ

Nüfusun artmasıyla birlikte geleneksellikten modernliğe evrilen tüketim alışkanlıkları gıda teknolojisini şekillendirirken, gerek sağlıklı gıda ürünleri üretiminde ve gerekse çevrenin korunmasında sorunlara neden olmuştur. Bu sorunlar içerisinde özellikle gıda uzun vadede sağlık üzerine etkisi bilinmeyen katkı maddelerinin kullanılması, taşıyıcının önüne geçilememesi ve bu durumlardan ötürü sağlık sorunlarının ortaya çıkması, endüstriyel atıklar ve ambalaj malzemelerinin özellikle plastiklerin çevreye zarar vermesi ve çok az bir kısmının geri dönüştürülebilmesi gösterilebilir. Bu noktada araştırmacılar sorunlara çözüm olarak, ambalaj atıklarının ve gıda katkı maddelerinin azaltılmasına karşılık yenilebilir filmlerin kullanılmasını öne sürmüşlerdir (Sutherland ve ark., 2010; Espitia ve ark., 2014).

Yenilebilir filmler, gıda için gaz ve nem bariyeri olabilen, ayrıca çeşitli maddeler (antioksidan, antimikrobiyal vb.) için taşıyıcı olarak kullanılabilen gıda ile tüketilebilir ince polimer tabakalar olarak adlandırılmaktadır (Bourtoom, 2008; Torlak ve Nizamlioğlu, 2011).

Yenilebilir film ve kaplamalar, temel olarak biyolojik kaynak yapılarına göre polisakkaritler (nişasta, selüloz, gıamlar, kitin/kitosan), yağlar (çapraz bağlı trigiliseritler, vaksalar, hayvansal ve bitkisel yağlar) ve proteinler (hayvansal ve bitkisel) olarak üç kısımda incelenebilmektedir. Meyve ve sebzeler için kaplama maddesi olarak ise sodyum aljinat, jellan, karboksimetil selüloz, kitosan, peynir altı suyu ve soya proteinleri gibi birçok polimer kullanılmaktadır (Navarro-Tarazaga ve ark., 2008; Chiabrande ve Giacalone, 2013; Chiabrande ve ark., 2016). Ayrıca polisakkarit bazlı yenilebilir kaplamalar, bazı klimakterik meyvelerin raf ömrünü etkin bir şekilde uzatmak için uygun görülmektedir (Vargas ve ark., 2008).

Yenilebilir filmler ile meyvelerin kaplanması üzerine olan araştırmalar, meyvelerin solunum ve terleme oranlarını azaltıp raf ömrünü arttırması, meyve sertliğini koruyabilme kapasiteleri, iyi mekanik özellik göstermeleri, toksik olmamaları, çevreyi kirletmemeleri ve düşük maliyetli olmaları gibi çeşitli özelliklerinden dolayı giderek artmaktadır (Vu ve

ark., 2011; Velickova ve ark., 2013; Azevedo ve ark., 2014; Tezotto-Uliana ve ark., 2014; Guerreiro ve ark., 2015). İlâveten, yenilebilir filmler nem, oksijen, lipid oksidasyonu, uçucu aroma ve lezzet kaybı açısından seçici bariyer olarak doğranmış ve paketlenmiş taze meyvelerin fonksiyonelliğini arttırmaktadır (Rössle ve ark., 2011; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016). Buna ek olarak, yenilebilir filmler raf ömrünü uzatabilen ve gıda yüzeyinde patojen mikroorganizmaların gelişim riskini azaltabilen antimikrobiyal bileşikler, esmerleşmeyi engelleyici ajanlar, renk vericiler, aromalar, baharatlar gibi çeşitli aktif veya fonksiyonel gıda bileşenlerinin taşıyıcısı olabilmektedirler (Lin ve Zhao, 2007; Rojas-Graü ve ark., 2009; Rössle ve ark., 2011).

Gıdalarda mikrobiyal gelişme, genellikle gıdaların yüzeyinde meydana gelmekte ve bu mikrobiyal gelişmeyi önlemek amacıyla gıdanın yüzeyine antimikrobiyal maddeler uygulanmaktadır. Ancak antimikrobiyal maddeler, uygulanan yüzeyde hızlı bir şekilde difüze olmaktadır. Bu nedenle miktarca fazla uygulanması gerekmektedir. Bu dezavantajı azaltmak için de yenilebilir filmler kullanılabilir. Bu sayede maddenin gıda yüzeyine difüzyonu yavaş bir şekilde gerçekleşmekte ve arzu edilen konsantrasyonlarda kalması sağlanabilmektedir (Min ve Krochta, 2005; Kristo ve ark., 2008; Torlak ve Nizamlioglu, 2011).

Yenilebilir filmlere veya kaplamalara antimikrobiyal bileşikler eklemek, meyve ve sebzelerin güvenliğini ve raf ömrünü artırmak için yeni bir yol sağlamaktadır. Yaygın olarak kullanılan antimikrobiyallerin bazıları; benzoik asit, sorbik asit, lizozim, laktoferrin, bakteriyosinler (nisin ve pediosin), özellikle fitoaleksinler ve uçucu yağlar gibi bitki kaynaklı ikincil metabolitlerdir (Lin ve Zhao, 2007; Rojas-Graü ve ark., 2009; Rössle ve ark., 2011). Bu bağlamda tez kapsamında antimikrobiyal ve antioksidan ajan olarak film formülasyonlarına stevia ekstraktı ve antioksidan ajan olarak askorbik asit ilave edilmiştir.

Stevia yapraklarının antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerine literatürde rastlanmaktadır. Stevia yaprakları steviol glikozitlere ek olarak antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşikler, C vitamini, karotenoidler ve klorofilleri

yüksek miktarda içermektedir (Muanda ve ark., 2011; Barba ve ark., 2014; Belda-Galbis ve ark., 2014; Criado ve ark., 2014; Barba ve ark., 2015).

Potansiyel antimikrobiyal etkisi ile stevia yapraklarında inulin tipi fruktooligosakkaritler, tanninler, esansiyel yağ asitleri ve diğer aromatik maddeler gibi bir çok kimyasal bileşik bulunmaktadır (Braz de Oliveira ve ark., 2011; Christaki ve ark., 2013).

Stevia rebaudiana yaprak ekstresi doğal bir antioksidan ajan olarak kullanılma potansiyeline sahiptir (Hajihashemi ve Geuns, 2014). Araştırmalar özellikle stevia sulu ekstraktlarının polifenoloksidaz ve peroksidaz doğal inhibitörü olarak kullanabileceğini ve böylelikle gıdalarda kullanılan kimyasal katkı maddelerinin zararlı etkilerinin azaltılabileceğini belirtmiştir (Barba ve ark., 2014; Barba ve ark., 2015). Ayrıca fenolik bileşikler yiyecek endüstrisinde antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, antiobezite, antidiyabetik ve antimutajenik madde olarak kullanılmaktadır (Kunyanga ve ark., 2012; Uçar ve ark., 2015).

Yenilebilir kaplamaların uygulanması; daldırma, püskürtme, damlatma, dökme ve köpükleme yoluyla yapılmaktadır (Işık ve ark., 2013; Šuput ve ark., 2015). Bununla birlikte daldırma yönteminde, film kesilmiş meyvenin hidrofilik yüzeyine yapışmadığında kolaylık sağlaması açısından ikinci daldırma işlemi yapılabilmektedir (Soliva-Fortuny ve Martin-Belloso, 2003; Soliva-Fortuny, 2010; Sipahi ve ark., 2013). Ayrıca kaplanmış ürünlerin depolanmasında MAP, dondurma vb. gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Modifiye atmosferde ambalajlama; ambalajdaki normal gaz atmosferinin tepe boşluğuna verilen gaz ile optimum koşullara en yakın olacak şekilde değiştirildiği ve böylece ambalajlı ürünün raf ömrünün uzatılmasının amaçlandığı bir metot olarak tanımlanabilmektedir (Fişekçi, 2013).

Modifiye atmosferde depolamada ortam modifikasyonu “pasif” (meyve ve sebzeler için uygulanan) ve “aktif” (tüm gıdalara uygulanabilen) modifikasyon olmak üzere iki ana yolla gerçekleştirilmektedir. Pasif modifikasyonda, gıda uygun bir ambalaj materyali ile

ambalajlandıktan sonra ambalaj içerisindeki atmosfer gaz bileşimi, gıdanın solunumu sonucu kendiliğinden dengeye ulaşmaktadır. Bu nedenle pasif modifikasyon, kimyasal madde kullanmadan raf ömrünün arttırılmasını sağladığından organik ürünler için ideal bir ambalajlamadır. Buna karşın aktif modifikasyonda denge gaz bileşiminin oluşumu, pasif modifikasyonda olduğu gibi ambalaj içinde kendiliğinden değil, istenilen gaz kompozisyonu direkt ambalaj içine verilerek (enjekte edilmesiyle) sağlanmaktadır (Kocamanlar, 2009).

Ulusal ya da uluslararası tüm sağlık politikalarının temelinde sağlıklı bir toplum oluşturulması yer almaktadır. Bu doğrultuda oluşturulan politikalar çerçevesinde dengeli ve düzenli beslenme önemli bir yer tutmaktadır. İnsanın dengeli ve düzenli beslenebilmesi için besin yoncasında bulunan et, süt, yumurta ve kuru baklagil, ekmek ve tahıl, meyve ve sebze gruplarından yeterli miktarda vücuda alınması gerekmektedir. Bu besin gruplarından herhangi birinden tüketilmediği ya da dengesiz tüketildiği takdirde çeşitli hastalıklar meydana gelmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü raporları ve Türkiye'ye özgü beslenme rehberinde belirtildiği üzere vücut ağırlığının denetimi, yeterli ve dengeli beslenme için günde en az beş porsiyon meyve ve sebze tüketilmesi önerilmektedir. Bu önerilere göre ülkemizde meyve ve sebze tüketimi yetersizdir (Anonim, 2015). Bu bağlamda bu çalışmada yeterli ve dengeli beslenme amacıyla kimyasal katkı maddesi katılmadan, binbir çeşit taze meyvenin farklı şekillerde ülkemizde ya da yurt dışı piyasasındaki marketlerde, yemeye hazır gıda reyonlarında, okul kantinlerinde, fast-food zincirlerinde ve otel mutfaklarında sunulabileceği düşüncesiyle yola çıkılmıştır.

Tüm bu etkenler düşünülerek ve elmada sorun olan mikrobiyal gelişim ve enzimatik esmerleşme gibi problemleri göz önünde bulundurarak tamamen doğal, yemeye hazır elma üretimi için gıda kalitesi üzerinde düzeltici potansiyele sahip, raf ömrünü arttırdığı, doğa dostu ve toksik olmayan yenilebilir filmler seçilmiştir.

Bu çalışmada; kitosan ve aljinat bazlı yenilebilir film formülasyonlarının oluşturulması, bu formülasyonların stevia ekstraktları ile kombinasyonlarının geliştirilmesi, elde edilen

formülasyonların Amasya çeşidi elmalara uygulanarak az işlem görmüş yemeye hazır elma dilimlerinin üretilmesi ve farklı materyallerle MAP uygulamalarının kaplanmış elmaların raf ömrüne etkilerinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal yöntemlerle belirlenmesi amaçlanmaktadır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kitosan

İlk kez 1859 yılında Rouget tarafından kitinin potasyum hidroksit çözeltisinde (derişik) ısıtılması sırasında keşfedilen kitosan, polisakkaritler içerisinde oldukça önemli bir yeri olan ve doğada yaygın olarak bulunan bir biyopolimerdir (Yazgan, 2010; Taştan ve Baysal, 2013). Kitosan özellikle biyoyoumluluk ve biyobozunurluk fonksiyonlarından dolayı biyomalzeme olarak kullanımı ile dikkat çekmekte ve çeşitli alanlarda (film özelliğı, stabilizatör, jelleştirici, bağlayıcı, dağıtma ajanı, kalınlaştırıcı, kayganlaştırıcı, ilaç taşıyıcı ajan, vb.) kullanılmaktadır (Özdemir, 2014). Bununla birlikte kitosanın özelliklerine etki eden parametreler; deasetilasyon derecesi, molekül ağırlığı, viskozite, çözünürlük ve renk özellikleridir. Düşük deasetilasyon derecesine sahip kitosanın, sadece pH 9.0 ve üzerinde çözündüğü, buna karşın yüksek deasetilasyon derecesine sahip kitosanın, pH 6.5 ve altında çözündüğü fakat nötral ve alkali pH değerlerinde çözünmediğı bildirilmiştir. Yüksek deasetilasyon derecesine sahip kitosanlar; glutamik asit, hidroklorik asit, laktik asit ve asetik asit gibi organik ve inorganik asitlerle tuz oluşturarak çözünmektedir (Taştan ve Baysal, 2013).

Kitinin deasetilasyonu ile elde edilen doğal kaynaklı bir polimer olan kitosan, gıda kaynaklı bakteri, küf ve mayalara karşı antimikrobiyal aktivitesi ile gıdalar için potansiyel bir koruyucudur (Gürel-İnanlı ve Karaton-Kuzgun, 2012). Bununla birlikte kitosanın antimikrobiyal etki mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber çeşitli teoriler mevcuttur.

Bu teorilerden ilki; asidik ortamda NH_2 gruplarının $-\text{NH}_3^+$ gruplarına dönüşmesiyle, bakterilerin hücre zarının bileşiminde bulunan negatif yüklü fosforil ve fosfolipitlerle elektrostatik etkileşimi ile ilgilidir. Bu durumda, hücre zarı zarar görmekte ve bakterilerin beslenmesi için gerekli olan besinler hücre dışına sızmakta, hücre ölümü gerçekleşmektedir.

İkincisi, hücre yüzeyi üzerinde bulunan kitosan (özellikle yüksek molekül ağırlığına sahip) burada bir polimer tabakası oluşturmakta ve hücre için gerekli besinlerin içeri girmesini önlemektedir (KraEniewska ve Gniewosz, 2012; Madureira ve ark., 2015).

Üçüncüsü, düşük molekül ağırlığındaki kitosan ile ilgilidir: Kitosan hücre içerisine kadar ilerleyebilmekte burada DNA'ya bağlanmakta, RNA ve protein sentezini engellemekte ve böylece hücrenin yaşam sürecini sona erdirmektedir (Taştan ve Baysal, 2013).

Son teori ise kitosanın polikasyonik yapısı nedeniyle hücrede bulunan elektronegatif yüklü maddeleri adsorblaması, çöktürmesi ve hücrenin fizyolojik aktivitelerini deforme ederek hücre ölümüne sebep olmasıdır. Diğer yandan, hücre membranını stabilize eden toprak alkali metallerin de kitosan ile etkileşimi sonucu bakteriden uzaklaştırılması da hücre ölümünü kolaylaştırmaktadır (Kurt ve Zorba, 2005).

Bunun yanında kitosanın sentezi ve kullanımı sürecinde kitosanın antimikrobiyal aktivitesini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar; pH değeri, kitosanın moleküler ağırlığı, kitosanın konsantrasyonu, bazı maddelerle kitosanın kompleks oluşturması, kitosan derivatları, mikroorganizma tipi, gıda bileşenleri, deasetilasyon derecesi ve kitosan kaynağıdır (Hosseinnejad ve Jafari, 2016).

Gram pozitif bakterilerinden *Listeria monocytogenes*, çeşitli gıda ürünlerine kontamine olarak (özellikle soğutulmuş hazır gıdalar) hastalıklara (listeriyosis) neden olabilmektedir. Roberts ve ark. (2003) araştırmasında yenilebilir film özelliğine sahip kitosanı, laktik asit veya asetik asit içerisinde çözündürmüş ve yemeye hazır biftek etindeki *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkisini incelemiştir. Ayrıca antimikrobiyal kapasite üzerindeki moleküler ağırlığın etkisini test etmek için düşük (4.7×10^5 g/mol) ve yüksek moleküler ağırlıklı (1.1×10^6 g/mol) kitosan kullanmıştır. Çalışma sonunda asetik asitte çözünen kitosan kaplamanın *Listeria monocytogenes* sayısının azaltılmasında, laktik asit içeren kitosan kaplamaya oranla daha etkili olduğunu ve kitosan kaplamaların, yemeye hazır biftek yüzeyindeki *Listeria monocytogenes*'i kontrol etmek için kullanılabileceğini belirtmiştir. Ancak, kitosan kullanılan tüm örneklerde *Listeria monocytogenes*'in yemeye hazır biftek yüzeyinde

gelişebildiğini de vurgulamıştır. Nitekim, Coma ve ark. (2002) yaptığı benzer bir çalışmada, kitosan uygulamalarına bakılmaksızın *Listeria monocytogenes*'in peynir yüzeyinde gelişme yeteneğinin olduğunu gözlemlemişler ve bu durumun nedeni olarak kitosan üzerindeki amino gruplarının azalmış olması sonucunda, zamanla kitosan filmlerinin antimikrobiyal aktivitesinin azalması olduğunu rapor etmişlerdir (Roberts ve ark., 2003; Elsabee ve Abdou, 2013).

Roberts ve ark. (2003), *Listeria monocytogenes* suşunun yemeye hazır biftek yüzeyinde gelişebildiğini rapor etmişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda bifteğin kitosan ile kaplanmasıyla antibakteriyel kapasitesinin iyileştirildiğini ve ayrıca daha yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin biraz daha düşük antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Böylece kitosan molekül ağırlığı ve amino grubunun, antibakteriyel etkinlik üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu desteklenmiştir (Le ve ark., 2001; Liu ve ark., 2001a; Elsabee ve Abdou, 2013).

Nicholas (2003), yaptığı çalışma ile bu duruma benzer ifadeler kullanmıştır. Atlantik somon filetolarına farklı molekül ağırlıklı ve %1'lik kitosan filmi uygulamış, 4 °C'de 2 hafta süre ile raf ömrü ve mikrobiyolojik analizlerini gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda yüksek molekül ağırlığına sahip kitosanla kaplanmış deneme grubunda bakteri yükünün önemli oranda düşük olduğu belirtilmiştir (Yılmaz, 2014).

Ayrıca Zheng ve Zhu (2003), kitosan konsantrasyonunun antimikrobiyal aktivitede etkili olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılara göre konsantrasyon arttıkça antimikrobiyal etki kuvvetlenmekte; %1.0 kitosan konsantrasyonunda hem *Escherichia coli* hem de *Staphylococcus aureus* için %100 inhibisyon oluşturmaktadır. Buna karşın Darmadji ve Izumimoto (1994), *Escherichia coli*'nin üremesini durdurmak için daha yüksek kitosan konsantrasyonlara gerek duyulduğunu belirtmişlerdir (Bostan ve ark., 2007). Yine Taha ve ark. (2002), çalışmalarında farklı konsantrasyonlarda (%0.0, 0.2, 0.04, 0.06, 0.10, 0.12 ve 0.14) kitosan hazırlamış ve *Aeromonas hydrophila*'ya karşı antibakteriyel etkilerini incelemişlerdir. Burada %0.04 kitosan içeren solüsyonun *Aeromonas hydrophila*'nın hemolisin üretimini inaktive etmede ve gelişimini durdurmada yeterli olduğunu belirtmişlerdir (Yılmaz, 2014).

Farklı konsantrasyonlarda farklı moleköl ağırlıklı kitosan esaslı filmlerin ve solüsyonların antifungal özellikleri de araştırılmıştır (Ziani ve ark., 2009; Elsabee ve Abdou, 2013).

Yapılan bir araştırmada antifungal etki; *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* ve *Rhizopus oryzae* için denenmiştir. Araştırmacılar uygulama etkinliğini değerlendirmek amacıyla formülasyona yüzey aktif maddeler eklemişlerdir. Elde ettikleri verilerde, kitosan bazlı solüsyonlar ile kitosan bazlı filmler arasındaki antifungal aktivitenin önemli farklılıklarını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, farklı uygulamaların antifungal etkisinin, kullanılan fungus türüne bağlı olduğunu da belirtmişlerdir. Böylece, kitosan filmi uygulamalarının, çözelti uygulamalarına kıyasla *Aspergillus niger* üzerinde daha etkili olduğunu; öte yandan, çözelti uygulamalarının, *Alternaria alternata* veya *Rhizopus oryzae*'ye uygulandığında daha yüksek radyal inhibisyon ile sonuçlandığını, en yüksek radyal inhibisyonun kitosan solüsyonu kullanılarak *Alternaria alternata*'ya (%97) karşı gözlemlendiğini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte diğer parametrelerin (konsantrasyon, moleköl ağırlığı ve sürfaktan türü) uygulama etkinliği üzerindeki etkisinin önemli olmadığını ve bunların öneminin uygulama tipi ve fungus doğasıyla ilgili olduğunu vurgulamışlardır (Ragab ve ark., 2001; Elsabee ve Abdou, 2013).

Zhang ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, moleköl ağırlığı düşük kitosan kullanılarak kaplanmış turuncgil meyvelerinin; 25 °C' de 2 hafta depolandıktan sonra *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Botrydiplodia lecanidion* ve *Botrytis cinerea* bozulmalarını büyük oranda inhibe ettiği belirlenmiştir. Ayrıca; sertlik, SÇKM, titrasyon asitliği ve askorbik asit içeriğinin de pozitif yönde etkilendiği tespit edilmiştir.

Çalışmalarda, kitosan aktivitesinin funguslara karşı etkinliği, kitosan aktivitesinin bakterilere karşı etkinliği ile karşılaştırıldığında daha az etkili olduğu bulunmuştur (Tsai ve ark., 2000; Sebtı ve ark., 2005; Elsabee ve Abdou, 2013). Öte yandan, Bautista-Baños ve ark. (2006)'nın sonuçları, funguslara karşı kitosan etkinliğini vurgulayan Tsai ve ark. (2006)'nın sonuçlarından farklıdır. Bununla birlikte tüm bu çalışmalar, kitosanın bazı fungal enzimlerin sentezini sağlaması ve polimer zincirinin uzunluğunun bu aktiviteyi artırma etkisine ek olarak, antifungal özelliklerin anahtarı olan, kitosanın polikasyonik

yapısının olduğunu göstermiştir. Bautista-Baños ve ark. (2006), kitosanın sadece patojenin büyümesini durdurmada etkili olmadığını, aynı zamanda fungus hücrelerinde belirgin morfolojik değişikliklere, yapısal değişimlere ve moleküler düzensizliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Park ve ark. (2005)'nin çalışmasında, %0.5'lik asetik asit içinde çözünmüş %2'lik kitosanın, *Cladosporium* sp. ve *Rhizopus* sp.'a karşı antifungal etki gösterdiği ortaya konmuştur. Kitosanın bu etkisi; Chien ve ark. (2007) tarafından *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* üzerine turuncgil (*Murcott tangor*) meyvelerinde; Chien ve Chou (2006) tarafından da bu iki mikroorganizmaya ilaveten *Botrytis cinerea* ve *Botrydiplodia lecanidion* üzerine Tankan çeşidi portakallarda yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır (Koç ve Özkan, 2011).

No ve ark. (2003), farklı viskoziteye sahip kitosan çözeltilerinin gram negatif üç bakteriye (*Escherichia coli* ATCC 11775, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802) ve gram pozitif dört bakteriye (*Bacillus megaterium* KCTC 3007, *Bacillus cereus* ATCC 21366, *Listeria monocytogenes* Scott A, ve *Staphylococcus aureus* ATCC 29737) karşı antimikrobiyal aktivitesini çalışmışlardır. Çalışma sonucunda bakterisidal etkinin gram negatif bakterilere göre gram pozitif bakterilerde nispeten daha kuvvetli olduğunu belirtmişlerdir. %0.1'lik kitosana muamele sonucunda *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus* ve *Staphylococcus aureus*'un gelişimini önemli oranda engellediğini, *Escherichia coli*'nin gelişiminde ise 4-5 log'luk bir azalış sağladığını rapor etmişlerdir (Yılmaz, 2014).

Devlieghere ve ark. (2004), çeşitli psikrofilik yiyecek kaynaklı patojenlere ve bozulma mikroorganizmalarına karşı yüksek deasetilasyon derecesine ve düşük molekül ağırlığına sahip kitosanın antimikrobiyal etkisini araştırmış ve literatürde bilinenlerle karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda gram pozitif bakterilerin duyarlılığının oldukça değişken ve gram negatif bakterilerin daha duyarlı olduklarını tespit etmişlerdir. *Brochotrix termosphaeta* ve *Bacillus cereus*'un, uygulanan kitosana karşı çok duyarlı, *Listeria monocytogenes* ve farklı laktik asit bakterilerinin daha az duyarlı, *Candida lambica* ve *Cryptococcus humicolus* tarafından temsil edilen mayaların ise orta düzeyde

duyarlılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Sabouraud Agar (Oxoid, CM147) ortamında, *Candida lambica*'nın büyümesinin, kitosan yokluğunda pH değerinden etkilenmediğini, %0.005 (a/h) kitosan içeren bir ortamda, büyüme pH 4.0 değerinde tamamen engellenirken, pH 6.0 değerinde aynı kitosan konsantrasyonun, gecikme fazını belirgin bir şekilde uzattığını ve büyüme hızında az bir düşüşe neden olduğunu rapor etmişlerdir (Elsabee ve Abdou, 2013).

Dotto ve ark. (2015), farklı molekül ağırlıklı (150 ve 300 kDa) kitosan çözeltileri kullanarak papaya meyvelerini kaplamış ve ortam şartlarında 20 gün depolama sırasında meydana gelen mezofilik bakteri ve maya-küf gelişimini incelemişlerdir. Depolamanın 10. gününde kontrol grubunun maya küf sayısının kitosan ile kaplanmış örneklerden daha yüksek bulunduğunu ve moleküler ağırlığı 150 kDa olan kitosan ile kaplanmış meyvelerde kontrol grubuna göre 2 log kob/g daha düşük maya küf sayısı saptandığını belirtmişlerdir.

Çileklerde fungal patojenlerin gelişimi üzerine yapılan bir çalışmada; *Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer* ile inoküle edilen çileklerin bir kısmı kitosan çözeltilisiyle kaplanmış ve bir kısmı kaplanmamıştır. Kitosanla kaplanmış ve kaplanmamış çilekler, 13 °C'de depolandığında kontrol grubunda 1 gün sonra fungal gelişim tespit edilirken; kitosanla kaplanmış olanlarda ancak 5 gün sonra gelişime rastlanmıştır. 14 gün depolama sonunda ise; 15 mg/ml düzeyinde kitosanla kaplı çileklerin, yine aynı küfler (*Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer*) tarafından bozulması %60 oranında azalmış ve aynı zamanda bu meyvelerin olgunlaşmaları sırasında hiçbir fitotoksisiteye rastlanmamıştır. Kitosanın, çileklerin çürümelerini mikroorganizmanın hücre duvarında incelmeye ve yıkıma yol açarak (fungustatik niteliği dolayısıyla); savunma enzimleri (kitinaz, kitosanaz ve -1.3-glukonaz) oluşturarak veya her ikisinin kombinasyonu ile kontrol altına alarak engellediği düşünülmüş ve bu üç mekanizma arasında en muhtemel olanının fungustatik etki olduğu bildirilmiştir (El Ghaouth ve ark., 1992; Koç ve Özkan, 2011).

Assis ve Britto (2011), tahribatsız görüntü alımı kullanımı ile elma dilimlerinde fungus gelişiminin takibinin sağlanması üzerine yaptıkları çalışmada, çürümüş elmalardan izole ettikleri karışık kültürü (ağırlıklı olarak *Penicillium* sp. ve *Alternaria* sp.) petrilere

inoküle etmişler ve daha sonra kitosan kaplı ve kaplanmamış örnekleri bu petrilere eşit aralıkta yerleştirerek, spontan bir şekilde kültürlerin kontaminasyonunu sağlamışlar ve ardından gözlemlemişlerdir. Gözlem sonucunda ticari kitosanın, dilimlenmiş elmaların fungal kontaminasyona karşı korunmasında başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada elmalar (*Malus domestica* Borkh. cv. Gala) %1 kitosan ile kaplama öncesi ve sonrası 38°C’de 4 gün tutulmuştur. Uygulamadan sonra elmalar 8 hafta 0 °C’de ve 7 gün 20°C ’de depolanmıştır. *Penicillium expansum* ve *Botrytis cinerea*’nın neden olduğu olgunluk, kalite değişimi ve bozunma üzerine bu kombine uygulamaların etkinliği değerlendirilmiştir. Kitosan kaplamadan (kitosan+ısıl uygulama) sonra ısı ile işleme tabi tutulan meyvelerde ciddi ısı hasarı gözlenmiş ve uygulamadan sonra dış çürüme ve iç kahverengileşme görülmüştür. Bununla birlikte, depolama sırasında kitosan kaplamadan (ısıl uygulama+kitosan) önce ısıtılmış meyvelerde zarar görülmemiştir. Depolama sırasında yapay olarak aşılınmış mavi küf ve gri küfün meyvelerde tamamen kontrol edilmesinin yanı sıra, ısıl uygulama+kitosan ile işlenmiş meyveler; en düşük solunum hızı, etilen gelişimi, malondialdehit ve membran sızıntısı ve uygulamalar arasında en yüksek randıman ve tüketici kabulü göstermiştir. Aynı zamanda bu kombine uygulama, tek başına ısıl uygulamaya kıyasla yeşil renk kaybı, titrasyon asitliği ve ağırlık kaybını önlemiştir (Shao ve ark., 2012).

Penicillium expansum elmalarda hasat sonrası büyük oranda hastalığa neden olan bir mikroorganizmadır. Bu amaçla Simonaitiene ve ark. (2015), similasyon ortamında ve elmalar üzerinde *Penicillium expansum*’a karşı farklı miktarda ayva ve kıvılcık meyve suyu içeren, kitosan ve peynir altı suyu proteinleri+kitosan filmlerinin inhibisyonunu araştırmışlardır. Kitosan ve peynir altı suyu proteinleri+kitosan filmlerinin bileşiminde kıvılcık ve ayva suyunun varlığının elastikiyette anlamlı bir artışa ve filmlerin gerilme mukavemetinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayva ve kıvılcık meyve suyu içeren kitosan ve peyniraltı suyu proteinleri+kitosan filmleri simüle edilmiş besiyerinde ve elmalar üzerinde *Penicillium expansum* büyümesine karşı önemli bir inhibisyon göstermiştir. Kitosan ve peyniraltı suyu proteinleri+kitosan filmlerinin bileşiminde kıvılcık meyve suyu varlığının, similasyon ortamında ayva suyu ilavesiyle yapılan uygulamalara kıyasla, daha uzun bir gecikme fazı ve daha düşük bir *Penicillium*

expansum büyüme oranı ile sonuçlandığını ancak bu farklılıkların elma denemelerinde üzerinde gerçekleşmediğini belirtmişlerdir.

Bir diğer çalışmada, *Penicillium expansum*'un elmada sebep olduğu mavi küf çürümesinin kontrolünde kitosanın etkinliği ve olası yöntemler araştırılmıştır. Kitosan uygulaması, hasat sonrası elmada mavi küf çürümesini ve patulini önemli ölçüde azaltmıştır (Li ve ark., 2015).

Elma (*Malus domestica* var. Anna) ve çilek (*Fragaria ananassa* var. Festival) meyvelerinin raf ömrünü artırmak için kitosan filmleri ile birlikte zeytinyağı kalıntı ekstraktlarının (OOR (OLE; zeytin yaprağı ekstraksiyonu, OPE; zeytin posası ekstraksiyonu)) uygulanabilirliğini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışma sonucunda; farklı konsantrasyonlardaki kitosan ve kitosan+OOR kaplama solüsyonlarının, misel oluşumunu azaltmada güçlü bir antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca kitosana OOR özütlerinin eklenmesi, kitosanın inhibisyon aktivitesini artırmıştır. Genellikle 10 ve 20 g/l'de kitosan+OLE, seçilen fungal suşlara sırasıyla %39.83 ve %58.01 ile kitosan+OPE'den daha yüksek bir etki göstermiştir. Ayrıca tüm kaplamalarda, inhibisyon yüzdesi *Penicillium expansum*, *Rhizopus stolonifer*'e göre belirgin şekilde daha yüksek çıkmıştır. Benzer olarak elde edilen veriler, tüm kaplama formüllerinin seçilen gıda patojenlerine karşı antibakteriyel etki sergilediğini belirtmiştir (Khalifa ve ark., 2016).

Gıdalarda oksidasyonu önlemek amacıyla antioksidanlar (primer, sekonder) kullanılmaktadır. Bu antioksidanlar içerisinde primer antioksidanlar, fenolik gruplara sahip olmaları nedeniyle oksidasyondan önce reaksiyona girmektedir. Kitosanın da içerisinde yer aldığı sekonder antioksidanlar ise, oksidatif reaksiyonu katalizleyen metal iyonlarıyla şelat oluşturmaktadır (Agulló ve ark., 2003; Kurt ve Zorba, 2005). Bu konuda yapılan araştırmalar kitosan ve derivatlarının antioksidan aktivitesinin, polimer zincirlerindeki aktif hidroksil ve amino gruplarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Sun ve ark., 2008; Keser ve Bilal, 2010; Oğuzhan-Yıldız ve Yangılar, 2014).

Antioksidan etkiye sahip olan kitosan, yüksek oranda doymamış yağ içeren gıdalara eklenerek, off-flavor ve ransiditeye neden olan oksidasyonun önlenmesinde kullanılabilmektedir (Park ve Kim, 2010; Kerch, 2015; Hamed ve ark., 2016). Ekmek, meyve ve doymamış yağ asitlerince zengin deniz ve et ürünleri gibi çeşitli gıdalarda antioksidan etki göstererek bu ürünleri oksidasyona karşı koruduğu çalışmalarda belirtilmektedir (Xie ve ark., 2001; Oğuzhan-Yıldız ve Yangılar, 2014).

Kitosanın antioksidan aktivitesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, %1'lik kitosan çözeltisiyle kaplanan sığır etinde, +4 °C'de 3 gün depolama sonunda 2-tiyobarbiturik asit oluşumunda %70 oranında azalma görülmüş; bu durum kitosanın, oksidasyonu ısıtma işlemi süresince ette bulunan hemoproteinlerden ortama salınan serbest metalleri bağlaması ile önlediği belirtilmiştir (Yang ve ark., 2005; Koç ve Özkan, 2011).

Meyve ve sebzelerden (elma, armut suyu, patates vb.) elde edilen ürünlerde kitosanın kullanım nedenlerinden biri de esmerleşmeyi inhibe etmede sülfite alternatif gösterilmesi ve enzimatik esmerleşmeyi önleyici ajan olarak kullanılabileceğinin belirtilmesidir (Sapers, 1992; Dörnenburg ve Knorr, 1997; Oğuzhan-Yıldız ve Yangılar, 2014).

Sapers (1992), McIntosh cinsi elmalardan elde edilen elma suyuna, filtrasyon öncesinde ilave edilen kitosanın, enzimatik esmerleşmeyi önlediğini belirtmiştir. Martin-Diana ve ark. (2009), bu durumu, kitosanın portakal suyunda enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşmeyi azalttığını bulgulararak desteklemiştir (Taştan ve Baysal, 2013).

Dilimlenmiş meyveler üzerinde yapılan çalışmalarda kitosanın enzimatik esmerleşmeyi önlediği görülmektedir. Nitekim Campaniello ve ark. (2008), dilimlenmiş çilekleri %1'lik kitosan çözeltisi ile kaplamış, yüksek (%80) ve düşük (%5) oksijen içeren modifiye atmosferde paketlenmiştir. Yüksek oranda oksijen içeren modifiye atmosfer ambalajlama ve kitosan kaplama uygulamasının kombine edilmesi ile enzimatik kararın kontrol altına alındığında, renk üzerinde pozitif bir etki yarattığı belirtilmiştir (Taştan ve Baysal, 2013). Aynı şekilde Xing ve ark. (2010), 4 °C'de 10 gün boyunca depolanan kesilmiş taze lotus kökünün raf ömrü ve esmerleşme üzerinde MAP ve kitosan kaplamanın etkisini

araştırmışlar ve lotus kök dilimleri yüzeyinde kahverengileşmenin, kitosan esaslı kaplama ve MAP uygulaması ile engellendiğini rapor etmişlerdir. Yine Xu ve ark. (2013), kitosan kaplama ve tarçın yağı kombinasyonu uygulaması ile kesilmiş taze armutların kahverengileşmesini ve çürümesini belirgin bir şekilde kontrol edilebildiğini belirtmiştir. Sánchez ve ark. (2015), kesilmiş taze ‘Rocha’ armutu üzerinde yaptıkları çalışmada da esmerleşmenin önlendiğini ifade etmişlerdir.

Kesilmiş taze ‘Fuji’ elmalarının raf ömrünü arttırmaya yönelik yapılan çalışmada, esmerleşme önleyici ajanların (%0.5 CaCl₂ ve %2 AA) kitosan solüsyonuna (%1) katılmasıyla kalite kriterleri incelenmiştir. Elma dilimlerinin bu kompozisyonda, 5 °C’de depolanmasıyla iç solunum oranlarının azaldığı görülmüştür. Çalışma sonunda, kitosana ilave edilen esmerleşme önleyici ajanların elma dilimlerinde, depolama boyunca enzimatik esmerleşmeyi ve doku yumuşamasını geciktirdiği, sertlik kaybını ise azalttığı görülmüştür. Ayrıca kitosan kaplamaların elma dilimlerinde yarı geçirgen bariyer özelliği sağladığı ifade edilmektedir (Qi ve ark., 2011; Duran, 2013).

Özdemir (2015), kitosan ve askorbik asitten oluşan yenilebilir film kaplamanın, doğranmış elma parçalarının depolama süresince fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik stabiliteleri üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada; “su, %1 askorbik asit, %1 kitosan+%1 askorbik asit, %1 kitosan+%5 askorbik asit ve %2 kitosan+%2 askorbik asit oranlarında hazırlanan film çözeltilerine daldırılan elma parçaları kaplama işleminden sonra 14 gün depolanmıştır. Kitosan+askorbik asit uygulaması ile ağırlık kaybı ve kararmadaki artış önemli derecede engellenmiştir. Kitosan+askorbik asit çözeltilerinde askorbik asit oranının %1’den %5’e yükseltilmesi kararma oranını azaltmıştır. Ayrıca %1 kitosan+%5 askorbik asit ile kaplanan örneklerde depolama başlangıcına göre polifenolik bileşik içeriğinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Doğranmış elma örneklerinde ağırlık kaybı, renk, tekstür özellikleri ve polifenolik bileşikler birlikte değerlendirildiğinde, %1 kitosan+%5 askorbik asit uygulanmasının en etkin uygulama olduğu görülmüştür. Bu karışım ile kaplanan örneklerin 7 gün süre ile 5 °C’de ürüne özgü kalite özelliklerini kaybetmeden depolanabileceği belirlenmiştir” ifadesiyle rapor etmiştir.

Elmalar üzerine yapılan başka bir çalışmada; askorbik asit veya kalsiyum klorür (CaCl_2) içeren kitosan kaplama, kesilmiş taze elmalara uygulanarak koruma etkisi incelenmiştir. Oda sıcaklığında depolama süresince görünüşleri ve ağırlık kayıpları değerlendirilmiştir. Bunun yanında askorbik asit içerikleri, suda çözünabilir katı madde içeriği depolama sonunda analiz edilmiştir. Kitosan+ CaCl_2 kaplamanın, taze kesilmiş elmalar üzerine uygulandığında kitosan+AA kaplamaya göre daha iyi koruma etkisi sergilediği belirtilmiştir. Kitosan+ CaCl_2 kaplamanın, kitosan+AA kaplamaya kıyasla elma diliminde daha düşük ağırlık kaybı ve daha yüksek AA içeriği gösterdiği, kitosan+ CaCl_2 kaplamanın aynı zamanda kaplamalı elma dilimlerinin görünüşü bakımından kahverengileşmeye karşı iyi sonuç verdiği saptanmıştır (Liu ve ark., 2016).

Film ve kaplamalara plastikleştiricilerin ilavesi, moleküller arası geniş bağlantının neden olduğu kırılmanın azaltılması için gereklidir. Ayrıca, gliserol gibi küçük moleküller polimer matrisindeki boşlukları doldurabilir; fakat plastikleştiricilerin ilavesi, filmlerin çekme mukavemetini düşürür ve hidrofilik yapısından dolayı gaz, eriyik ve su buharı geçirgenliğini artırır (Banker, 1966; McHugh ve Krochta, 1994a; McHugh ve Krochta, 1994b). Suyatma ve ark. (2005) gliserol, etilen glikol, polietilen glikol ve propilen glikol gibi hidrofilik bileşikler kullanarak kitosan filmlerini plastikleştirilmiş ve plastikleştirmenin filmin hidrofilitesini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca Garcíá ve ark. (1998); McHugh ve Krochta (1994a)'nın peynir altı suyu yenilenebilir filmleri için buldukları sonuçlara benzer olarak; gliserol veya sorbitolün artan plastikleştirici konsantrasyonunun, nişasta bazlı kaplamaların su buharı geçirgenliğini düşürdüğünü bildirmiştir (Tapia ve ark., 2008).

2.2. Sodyum Aljinat

Aljinatlar ilk olarak 1880'lerde kahverengi yosunlardan izole edilmiş ve ticari üretimi 20. yüzyılın başlarında başlamıştır. Aljinatın endüstriyel üretiminin, yılda en az otuz bin metrik ton olduğu tahmin edilmekte olup bunların hepsi başta *Laminaria* ve *Macrocystis* cinsleri olmak üzere çiftliklerde üretilen kahverengi yosunlardan elde edilmektedir. Bu yosunlarda, aljinat yapısal bir rol oynamaktadır ve bitkinin kuru maddesinin %40'ına kadar olan kısmını oluşturmaktadır (Draget ve ark., 2005; Donati ve Paoletti, 2009; Hay

ve ark., 2013). Bununla birlikte bakteriyel biyosentezle, yosun türevi aljinattan elde edilenden daha fazla tanımlanmış kimyasal yapılara ve fiziksel özelliklere sahip aljinat elde edilebilmektedir. Bakteriyel aljinatların eldesinde, özellikle *Azotobakter* ve *Pseudomonas* kullanılmaktadır (Remminghorst ve Rehm, 2006; Lee ve Mooney, 2012).

Sodyum aljinatlar sert moleküler zincir ve iyi bir film oluşturabilme özelliğine sahiptir (Siddaramaiah ve ark., 2008). Öte yandan toksik olmaması, biyobozunur, biyouyumlu ve düşük maliyetli olması nedeniyle film üretiminde önemli bir bileşen olarak görülmektedir (Vu ve Won, 2013; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016). Ayrıca sodyum aljinat kaplamalar; zararsız olması, doğrudan yenilebilir olması ve gıdalarda mikrobiyolojik kontaminasyonu önlemesinin yanında, gıdalarda su ve lezzetin korunması, dondurma esnasında deformasyonun azaltılması, depolamada gıdalardaki yağ oksidasyonunun geciktirilmesi ve gıdaların raf ömrünün uzatılması gibi özelliklere sahiptir (Zeng ve Xu, 1996; Yu ve ark., 2008).

Bir polisakkarit olan sodyum aljinat, iyi koloidal özellikleri ve sulu çözeltilerde güçlü jel oluşturabilme kabiliyeti nedeniyle başta gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisi olmak üzere birçok alandaki sayısız uygulama için değerlendirilmeye başlanmıştır (Tripathy ve Singh, 2001; Yao ve ark., 2010; Chen ve ark., 2016). Et, balık ve meyvelerin dehidrasyonunu sınırlamak için sodyum aljinat bazlı yenilebilir filmler kullanılabilmektedir. Ayrıca aljinat kapsülleme ajanı olarak da kullanılmaktadır (Pop ve ark., 2015; Vodnar ve ark., 2015).

GRAS (genelde güvenli olarak tanımlanan) madde olarak bilinen aljinat, katı gıdalarda su kaybını ve faz ayrılmasını önlemek için kullanılmaktadır (Rojas-Graü ve ark., 2007; Saltmarsh ve ark., 2013). Bununla birlikte sodyum aljinat bazlı filmler kavun, papaya ve az işlem görmüş elmalarda dokuyu geliştirmekte, su kaybını azaltmakta, fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özellikleri korumaktadır (Olivas ve ark., 2007; Oms-Oliu ve ark., 2008a; Tapia ve ark., 2008). Ayrıca havuçta kütle kaybını ve doğal mikroflora sayısını azaltmak, kaliteyi korumak ve doğranmış taze elmaların raf ömrünü uzatmak için uygulanmaktadır (Rojas-Graü ve ark., 2008).

Kester ve Fennema (1986)'ya göre aljinat ve jellandan elde edilen kaplamalar, hidrofilik yapıları nedeniyle zayıf su bariyeri özelliği gösterebilmektedir. Ayrıca kaplama performansı, ilave edilen plastikleştirici ve antioksidan konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir.

"Mora de Castilla" cinsi böğürtlen üzerine yapılan çalışmalar, sodyum aljinat, potasyum sorbat (antifungal) ve gliserol (plastikleştirici) bazlı yenilebilir kaplamalara kalsiyum ilave edilmesinin, ısı geçirmez ambalaj ve ticari soğutma koşullarında 7 gün süreyle bekletilmesi sonucunda, biyoaktif bileşikler (fenoller, antosiyanin) açısından stabilite sağlayan su kaybını engelleyerek, fiziko-kimyasal bozunmayı önleyebileceğini göstermektedir (Ayala ve ark., 2012). Bununla birlikte Rojas-Grau ve ark. (2008) ve Oms-Oliu ve ark. (2008a), kalsiyum klorid ile birlikte kullanılan jellan ve aljinat bazlı yenilebilir kaplamaların, doğranmış taze elma ve kavun sertliğini korumada etkili olduklarını belirtmişlerdir.

Nişasta+aljinat kaplamalar, ön pişirme yapılmış etlerde lipid oksidasyonunu ve "tekrar tekrar ısıtılmış tadı" inhibe etmek için kullanılmaktadır. Nişasta+aljinat filmlerin bariyer özellikleri, stearik asit ilave edilerek geliştirilmiştir. Nişasta+aljinat+stearik asit kaplamalar, nem kaybını önlemede lipid oksidasyonuna göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Wu ve ark., 2001).

Benitez ve ark. (2015), aljinat kaplamanın hiçbir inhibitör etkisinin olmadığını ifade etmiştir. Ancak Rojas-Grau ve ark. (2008), aljinat kaplamanın inhibitör etkisinin kontrol örneğinden daha düşük düzeyde olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı şekilde dilimlenmiş karpuz üzerine yapılan bir çalışmada, inhibitör etkisinin mezofilik mikroorganizmalarda belirgin olmadığı belirtilmiştir (Sipahi ve ark., 2013). Bu farklılıkların sebebini aljinat kaplamanın stabilitesinde etkili olan meyvelerin pH değerlerindeki farklılıklara bağlamışlardır.

Yapılan başka bir çalışmada mezofilik, maya ve küfler için başlangıç değerleri sırasıyla 3.15 ve 2.46 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Mikroorganizmaların büyümesi aljinatla kaplanmış dilimlerde en yüksek seviyeye çıkmış yani mezofilik, maya ve küfler için

depolama sonunda sırasıyla 7.43 ve 7.99 log kob/g değerlerine ulaşmıştır. Bu değerler, doğranmış taze meyve ve sebzelerin raf ömrü sınırından bile daha fazla olarak nitelendirilmiştir (Ragaert ve ark., 2011). Öte yandan sonuçlar, aljinat kaplamanın herhangi bir inhibitör etkisi olmadığını göstermiştir. Bunun aksine, Rojas-Graü ve ark. (2008), aljinatla kaplanan doğranmış taze elmaların, kontrol numunelerine göre daha düşük değerler gösterdiğini bulmuşlardır. Literatürde, doğranmış taze karpuzun mezofilik yükü belirgin olmadığı için, aljinat kaplamanın önleyici etkisine yönelik tartışmalı sonuçlar bulunmuştur (Sipahi ve ark., 2013). Ayrıca elde edilen sonuçlar aljinat ile kaplanan meyve ve sebzelerde mikrobiyolojik sayımların kontrol numunelerinden bile daha yüksek olması nedeniyle, aljinatın mikrobiyal çoğalmayı hızlandırabileceğini göstermiştir. Bu farklılıklar, aljinat kaplamanın stabilitesini etkileyebilecek olan meyvenin pH değerine bağlanabilir.

Laktoperoksidaz veya sarımsak yağı içeren sodyum aljinat filmler, farklı patojenik bakterilere karşı belirgin antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Pranoto ve ark., 2005; Yener ve ark., 2009). Bununla birlikte, bir çalışmada sodyum aljinat filmlerine sarımsak yağı eklenmesi, tek başına uygulanan sarımsak yağına göre antimikrobiyal etkiyi azaltmıştır. %0.1 (h/h) oranında sıvı besiyeri içindeki sarımsak yağı *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium* bakterilerinin canlı hücre sayılarını sırasıyla 5.61, 4.30, 2.28 ve 1.24 log döngüleri ile azaltmıştır. Sarımsak yağı, sodyum aljinatlı filmlere dâhil edildiğinde, agar difüzyon testinde *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'a karşı açık bir inhibisyon bölgesinin oluşması için %0.2 'lik bir konsantrasyona ihtiyaç duyulmaktadır; %0.4 sarımsak yağı konsantrasyonunda bile, gram negatif bakteri *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli* etkili bir şekilde inhibe edilmemiştir. *Escherichia. coli* ve *Salmonella typhimurium*'un *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'a göre sarımsak yağı için daha dirençli olduğu sonuçları, sıvı besiyeri ile yapılan in vitro testle tutarlı çıkmaktadır (Pranoto ve ark., 2005; Valencia-Chamorro ve ark., 2011).

Fan ve ark. (2009), maya antagonisti ile kombine edilen aljinat bazlı kaplamanın çileğin (*Fragaria*×*ananassa*) kalitesine etkisi üzerine çalışma yapmışlardır. Meyve yüzeyini aljinat (%2, a/h), gliserol (%2, a/h), palmitik asit (%0.5, a/h), gliserol monostearat (%0.5,

a/h) ve β -siklodekstrin (%0.5, a/h) kombinasyonu ile *Cryptococcus laurentii*'yi (10^9 kob/ml) içeren filmle kaplamışlardır. Biyolojik filmin mikroorganizma yaşayabilirliğinin, 20 gün depolama boyunca belirgin bir değişim geçirmediğini tespit etmişlerdir. *Cryptococcus laurentii* eklenmiş sodyum aljinat filminin mikrobiyal bozulmayı önemli ölçüde düşürdüğünü, ağırlık kaybını azalttığını, çileklerin sertliğini koruduğunu, meyvenin kalitesini ve depolama özelliklerini geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Oussalah ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada; keklik otu, çin tarçını ve dağ kekiği esansiyel yağı (%1) içeren alginat bazlı yenilebilir filmler CaCl_2 (%2 yada %20 a/a) çözeltisine daldırılmış ve *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella typhimurium*'un gelişimini kontrol etmek için sığır eti dilimlerine uygulanmıştır. 5 günlük depolama süresi sonunda keklik otu yağı ya da çin tarçını yağı içeren filmlerin *Salmonella typhimurium*'a karşı en etkili olduğu saptanmıştır. En az bakteri gelişimi *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilen %2 CaCl_2 ile muamele edilmiş keklik otu içeren alginat bazlı filmle kaplanan etlerde görülmüş, en çok gelişim ise dağ kekiği içeren esansiyel yağ ilave edilmiş filmle kaplanan etlerde görülmüştür.

Sodyum alginat (%0.5, 1, 2), beta-siklodekstrin ve mikroenkapsüle trans sinnamealdehit, pektin ve kalsiyum laktat içeren bir dizi çözelti kullanılarak geliştirilen çok katmanlı antimikrobiyal alginat bazlı yenilebilir kaplamanın kesilmiş taze karpuzun (*Citrullus lanatus*) raf ömrüne etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada ise, örnekler Layer-by-Layer daldırma tekniği kullanılarak kaplanmış ve daha sonra 15 gün boyunca 4 °C'de depolanmıştır. 1 g/100 g ve 2 g/100 g aljinat kaplamaların, kesilmiş taze karpuzun raf ömrünü 7 (kontrol) ile 12-15 gün arasında uzattığı tespit edilmiştir. Tüketici kabul testinde ise 2 g/100 g aljinat kaplama haricinde kaplanmış numunelerin yüksek kabul gördüğü belirtilmiştir (Sipahi ve ark., 2013).

Zhang ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, kantalupları %2 tarçın kabuğu yağı ve %0-0.5 soya fasulyesi yağı içeren ve içermeyen %1 sodyum aljinat karışımıyla kaplamış ve 21 °C'de depolamışlardır. Numunelerin ağırlık kaybı ve toplam suda çözünebilir kuru madde içeriğinde, kaplama çözeltileri arasında önemli farklılık oluşmadığını ve incelenen

antimikrobiyal kaplama sisteminin, kantalupe türünün mikrobiyolojik güvenlik ve kalitesini artırma potansiyeli olduğunu ifade etmişlerdir.

Başka bir çalışmada, Nanfeng mandalinalarının hasat sonrası kalitesini korumak için %1.5 sodyum aljinat, %0.7 sitrik asit ve %1.0 sakkaroz esteri ile *Ficus hirta* meyve ekstraktı içeren ve içermeyen yenilebilir kaplamalar uygulanmıştır. Bozunma hızı, ağırlık kaybı, solunum hızı ve maleikdialdehit içeriği *Ficus hirta*+SA kaplı numunelerde kontrol grubuna göre çok daha düşük bulunmuştur. *Ficus hirta*+SA kaplama işleminin, süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, kitinaz, p-1,3-glukanaz ve fenilalanin ammoniyaz gibi antioksidan ve savunma ile ilgili enzimlerin aktivitelerini arttırdığı ve fenolik bileşiklerin birikimini uyardığı bildirilmiştir (Chen ve ark., 2016).

Benitez ve ark. (2015), %2 aljinat ile kaplanan kivi dilimleri örneklerinde, depolama süresince oksijen miktarının azaldığını ve karbondioksit miktarının arttığını belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da görülmektedir (Mastromatteo ve ark., 2011). Aljinatla kaplanmış taze elma dilimleri, kaplanmamış elma dilimlerine oranla polifenolik bileşiklerin daha iyi tutulmasını sağlamıştır (Rössle ve ark., 2011).

Dört erik çeşidinin (Blackamber, Larry Ann, Golden Globe ve Songold) yenilebilir aljinatla (%1 ve %3 aljinat içeren kaplama çözeltisi) kaplanması işleminin, hasat sonrası depolama boyunca meyve kalitesine etkisi incelenmiştir. Kaplanan örnekler 2 °C'de 7, 14, 21, 28 ve 35 gün sonunda ve 20 °C'de 3 günlük periyotlarla analiz edilmiştir. Her iki muamelenin (özellikle %3 aljinatlı kaplama) tüm çeşitler için etilen üretiminin engellenmesinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Eriklerin hasat sonrası olgunlaşma ile ilgili, ağırlık ve asitlik kayıpları, yumuşama ve renk değişiklikleri gibi meyve kalitesi parametrelerindeki değişikliklerin, her iki yenilebilir kaplamanın kullanılması ile önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Valero ve ark., 2013).

Gala cinsi elma dilimleri önce kalsiyum klorür çözeltisine daldırıldıktan sonra üç farklı kaplama formülasyonundan (aljinat, aljinatla asetilatlanmış monogliserid+linoleik asit ve aljinat+tereyağı+linoleik asit) biri ile kaplanmış ve %85 nisbi nemde 5 °C'de depolanmıştır. Genel olarak aljinat kaplamaların, anaerobik solunuma neden olmaksızın,

kesilmiş Gala elmalarının raf ömrünü uzattığı bulunmuştur. Depolama esnasında, kullanılan tüm kaplamaların ağırlık kaybını en aza düşürdüğü ve özellikle asetillenmiş monogliserid içeren kaplamalı elmaların orijinal ağırlığa yakın olduğu ve kontrol elmalarına göre kaplanmış elmaların sertliğinin, kaplamanın türüne bakılmaksızın hemen hemen sabit kaldığı ifade edilmiştir (Olivas ve ark., 2007).

Doğranmış taze elmaya olan talep her ne kadar görünüşe bağlı olsa da, aynı zamanda lezzete de bağlı olmuştur (Martin-Belloso ve ark., 2009). Olivas ve ark. (2007)'nın yaptıkları çalışmada aljinat kaplamaların doğranmış taze elma görünümünü koruduğunu, doku, su kaybı ve yüzey rengini muhafaza ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca modifiye atmosferin (düşük oksijen konsantrasyonu), lezzet bileşeni olan uçucu madde kaybını azaltarak elmanın tadını koruyabileceği bulunmuştur (Bett ve ark., 2000; Fellman ve ark., 2000; Echeverria ve ark., 2004; Maya-Meraz, 2014).

2.3. *Stevia rebaudiana*

Güney Amerika orijinli stevia bitkisinin ekstraktları kalorisiz, doğal bir tatlandırıcı olarak (özellikle de geleneksel içecekleri tatlandırmada) yıllardır Japonya, Çin, Kore ve Brezilya başta olmak üzere birçok ülkede kullanılmaktadır. Stevianın diğerlerinden farklı olmasının başlıca nedenleri ısıya dayanıklı olması, kimyasal içermemesi, ağızda acı tat bırakmaması ve lif içeriğinin yüksek olmasıdır (İnanç ve Çınar, 2009; Gantait ve ark., 2015). Bunun yanında birçok araştırmada glikozitlerin yüksek tatlılık ve düşük kalori özelliklerine sahip olduğu belirtilmektedir (Boileau ve ark., 2012; Yang ve ark., 2014). *Stevia rebaudiana* yaprakları, tetrasiklik diterpen steviolden türetilen sekiz farklı glikozitin yüksek konsantrasyonlarını (%30 ve üzeri) içerebilir (Yadav ve ark., 2011; Yang ve ark., 2014). Bu durumun getirdikleri ile beraber stevia gerçekte sükrozdan 300 kat daha tatlıdır. Ayrıca kalori içermez ve kan şekeri seviyesinde ani değişimlere neden olmaz (Lemus-Mondaca, 2012, Periche ve ark., 2015). Steviol glikozitler tatlılık verme amacıyla kullanılmasıyla birlikte, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında tatlılığını koruma ve çok farklı işlem koşullarında stabilitesini kaybetmeme gibi özellikleri açısından da üreticilere avantaj sağlamaktadır (Balkır, 2016). Ayrıca steviol glikozitlere ek olarak antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip fenolik bileşikler, C vitamini,

karotenoidler ve klorofilleri yüksek miktarda içerir (Muanda ve ark., 2011; Barba ve ark., 2014; Belda-Galbis ve ark., 2014; Criado ve ark., 2014; Barba ve ark., 2015).

Stevia rebaudiana yapraklarının kuru ekstresi bilindiği üzere fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer antioksidan bileşikleri içermektedir. Bununla birlikte, *Stevia* ekstrelerinin antioksidan aktivitesi üzerine bir çok çalışma bulunmaktadır (Criado ve ark., 2015).

Stevia rebaudiana yapraklarının toplam fenolik madde içeriğinin ve in vitro antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada, *Stevia rebaudiana* 'nın yüksek fenolik içeriğinden dolayı doğal bir antioksidan kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Bu bitkinin lipofilik bir radikal olan 1-1-difenil 2-pikril hidrazil (DPPH) radikalini inhibe ederek, hidroksil radikalini, nitrik oksit ve superoksit anyonunu ve hidrojen peroksiti ortamdan temizleyerek askorbik asite kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Gürleyik, 2010; Shukla ve ark., 2012).

Stevia yaprağı ekstraktı yüksek derecede antioksidan aktivite göstermektedir ve sardunya yağında oluşan hidrojenperoksiti, DL-a-tokoferol ya da yeşil çay ekstresinden daha fazla inhibe ettiği bildirilmiştir. *Stevia* yaprağı ekstresinin antioksidan aktivitesi serbest radikal elektronlar ve süperoksitleri uzaklaştırmasına dayandırılmıştır (Thomas ve Glade, 2010; Lemus-Mondaca ve ark., 2012).

Stevia rebaudiana yapraklarının ve saplarının antioksidan aktiviteleri, sitotoksiste ve proliferatif özelliklerini saptamak için yapılan bir çalışmada oksijen radikali emme kapasitesi (ORAC) ve hücrel antioksidan aktivite analizleri aracılığıyla *stevia* yapraklarının antioksidan aktivitesi gövde ekstraktına göre daha fazla olduğu bulunmuş ve tatlandırıcı ile antioksidan olarak sektörde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (Bender ve ark., 2015).

Phansawan ve Pounbangpho (2007), beş farklı çözücüde ekstrakte edilmiş beş farklı bitkinin (*Pueraria Mirifica*, *Stevia rebaudiana* Bertoni, *Curcuma longa* Linn., *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees ve *Cassia alata* Linn.) antioksidan kapasiteleri

üzerine çalışmışlardır. En yüksek antioksidan kapasitenin, aseton ve metanol ile ekstrakte edilmiş *Stevia rebaudiana* Bertoni'de bulunduğunu, ardından etanol ile ekstrakte edilmiş *Stevia rebaudiana* Bertoni, etanol ile ekstrakte edilmiş *Cassia alata* Linn. olduğunu ve en düşük antioksidan kapasite olarak aseton ile ekstrakte edilmiş *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir (Lemus-Mondaca ve ark., 2012).

Criado ve ark. (2015), portakal, mango ve papayanın polifenoloksidaz (PPO) ve peroksidaz faaliyetleri hakkında farklı konsantrasyonlarda (10 ve 37 °C'de inkübasyon) *Stevia rebaudiana* Bertoni etkisini araştırmış ve stevianın önemli bir potansiyel tatlandırıcı olmasının yanında doğal bir antioksidan olarak ve meyve kalitesinin bozulmasını önlemek için esmerleşme önleyici ajan olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Stevianın bazı bakteriler ile diğer enfeksiyöz organizmaların büyümesini inhibe ettiği düşünülmektedir. Bunun üzerine yapılmış olan bir çalışmada (çözücü madde olarak su, aseton, kloroform, metanol, etil asetat ya da heksan) *Stevia rebaudiana* ekstrelerinin antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. *Salmonella typhi*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* vb. gibi bazı seçilen mikroorganizmalar üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Lemus-Mondaca ve ark., 2012).

Gerçekte, *Stevia rebaudiana* ekstreleri içinde bulunan galik asit, kaffeik asit ve protokateşik asit gibi bazı fenolik asitler ve *Stevia rebaudiana* ve *Equisetum arvense* ekstraktlarında mevcut olabilen kaempferol, kuersetin, izokuersetin, apigenin ve luteolin gibi bazı flavonoidlerin antifungal veya antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Cushnie ve Lamb 2005; Garcia ve ark., 2012).

Tomita ve ark. (1997) tarafından stevia bileşiklerinin biyolojik aktivitesi incelenmiş; enterohemorajik *Escherichia coli* ve diğer gıda kaynaklı patojen bakterilere karşı *Stevia rebaudiana* Bertoni fermente sıcak su ekstresinin bakterisidal aktivitesini tespit etmişlerdir. Bunun yanında ayrıca yapılan başka bir çalışmada fermente yaprak ekstresi

ile *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* gibi diğer mikroorganizmaların inhibe edilebilir olduğunu ifade etmişlerdir (Lemus-Mondaca ve ark., 2012).

Farklı su aktivitesine sahip ve inokule düzeyinde mısır üzerinde doğal olarak kontamine olmuş *Aspergillus flavus* ve *Fusarium verticillioides* gelişimi ve toksin oluşumu üzerinde ayrı ayrı ve karışım olarak *Equisetum arvense* ve *Stevia rebaudiana* ekstraktlarının antifungal ve antimikotoksijenik yeteneği üzerine yapılan bir çalışmada, *Equisetum arvense* ve *Stevia rebaudiana* ekstrelerinin nemli mısırdaki aflatoksijenik mikroorganizmaları kontrol etmek için alternatif bir uygulama olabileceği belirtilmiştir (Garcia ve ark., 2012).

Stevia rebaudiana ekstrelerinin çeşitli mikroorganizmalara karşı aktivitesinin değerlendirilmesi üzerine yapılan diğer bir çalışmada, in vitro olarak *Epidermophyton* spp., *Candida albicans* ve *Trichophyton mentagrophytes* büyümesini önleyebildiği bulunmuştur (Jayaraman ve ark., 2008, Christaki ve ark., 2013). Başka bir çalışmada bu ekstrelerin, in vitro koşullarda *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus* büyümesini azalttığını belirtmişlerdir (Ghosh ve ark., 2008, Christaki ve ark., 2013).

2.4. Modifiye Atmosferde Ambalajlama

Elma hasat edildikten sonra bile yaşamsal faaliyetlerine devam etmektedir ve eğer solunumu sonucu açığa çıkan CO₂ ve etilen gibi metabolitler kontrol altına alınmazsa elmada fiziksel (renk), kimyasal (renk maddelerinin parçalanması) ve mikrobiyal bozulmalar meydana gelmektedir. MAP uygulaması ile ambalaj içindeki O₂ konsantrasyonu sınırlanarak ürünün solunum hızı kontrol altına alınmakta ve buna bağlı olarak ürünün raf ömrü uzatılabilmektedir (Kader ve ark., 1989; Farber ve ark., 2003; Müftüoğlu, 2010).

Elmaların raf ömrünün uzatılması amacıyla polietilen ya da bir başka polimerik tipte ambalaj materyali kullanılmaktadır. Bu plastik materyaller ile ambalaj içerisindeki gaz

bileşimi aktif ya da pasif olarak dengeye ulaştırılmaktadır. Aktif MAP; başlangıçta ürüne özgü gaz ya da gaz karışımının paket içerisine verilerek, pasif MAP ise paket içerisindeki meyvenin solunum yoluyla ortamdaki O₂'i kullanması ve ürettiği CO₂'in paket içerisindeki miktarının artışı ile gerçekleşebilmektedir (Batu ve Demirdöven, 2010). Bu değişimin bir sonucu olarak da meyvenin olgunlaşması geciktirilebilmekte, meyve bileşimindeki şeker ve asitlerin tüketilmesi sınırlanabilmekte, solunuma bağlı olarak gelişen nem ve ısı oluşumu azalabilmekte, klorofil yıkımı ve enzimatik esmerleşmeler önlenebilmektedir (Zagory ve Kader, 1988; Üçüncü, 2000; Karaşahin, 2013).

Elmaların polietilen, PVC, PET vb. filmler kullanılarak paketlenmesinin, raf ömrünün uzatılmasında ve kalitesinin korunmasında başarılı olduğu bulunmuştur (Anzueto ve Rizvi, 1985; Smith ve ark., 1987; Smith ve ark., 1988; Prasad, 1995; Kader, 1997; Guan Wen ve ark., 2004). Rocha ve ark. (2004), 4 °C ve %85 bağıl nemde 6.5 ay için 100 µm'lik polipropilen kullanarak elma paketlemişler ve modifiye atmosferde paketlenen elmaların, ambalajlanmadan depolanan meyvelerden daha az ağırlık kaybettiğini, rengini ve dayanıklılığını daha iyi koruduğunu belirtmişlerdir. Prasad (1995) elma için, film tabakalarının uygun hale getirilmesiyle BOPP ve PVC filmlerini birleştiren modifiye atmosfer paketleri geliştirmiştir. Modifiye atmosferde paketlenmiş elmaların, bahçeden yeni toplanmış gibi tazeliğini koruduğu ve raf ömrünün önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Elmanın depolanması sırasında oluşan acı benek vakaları, LDPE paketlerinin kullanılmasıyla kademeli olarak %50'den %5'in altına düşürülmüştür.

Mikro delikli LDPE (30 µm) filmler, simüle edilmiş 4 haftalık pazarlama döneminde ortam koşullarında Bramley cinsi elma için etkili ve olumlu atmosfer koşulları sağlamış ve raf ömrü avantajı gözlemlenmiştir (Geeson ve ark., 1994). Artes-Hernandez ve ark. (2006) mikro delikli ve yönlendirilmiş polipropilen tabakalar kullanarak MAP altında kaliteli çekirdeksiz sofralık üzümün kalitesini incelemiş ve SO₂ içermeyen MAP'ın toplam salkım kalitesini hasat zamanına yakın tuttuğunu bildirmişlerdir. Çileklerin LDPE, PVC ve polipropilen filmlerle delinerek veya delinmeden ambalajlanması, meyve sertliği, ağırlık kaybı, kuruma ve bozulma bakımından kalitede önemli bir iyileşme göstermiştir (Aharoni ve Barkai-Golan, 1987; Sanz ve ark., 2000; Van der Steen ve ark., 2001; Zheng ve ark., 2008).

Modifiye atmosferde ambalajlama üzerine Bravo de Esmolfe elma çeşidi ve 2 farklı plastik ambalaj materyali kullanılarak (normal atmosfere, plastik 1 ve plastik 2-PP 100 μm , $\beta = 3.13$, $\text{PCO}_2 = 711 \text{ ml}/(\text{m}^2 \text{ d bar})$ ve $\text{PO}_2 = 227 \text{ ml}/(\text{m}^2 \text{ d bar})$ 2 °C'de) yapılan bir araştırmada %85 bağıl nemde 6.5 aylık bir depolama sonrasında kontrol örneklerindeki ağırlık kayıpları %7 düzeyinde olurken, modifiye atmosferde paketlenmiş örneklerdeki ağırlık kaybının ise %2'den daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir (Rocha ve ark., 2004).

Batu ve Demirdöven (2010), Grany Smith ve Golden Delicious çeşidi elmaları 1 °C'de modifiye atmosferde farklı ambalaj materyallerinde (30 mikron alçak yoğunluklu PE, 40 mikron PP ve 30 mikron her iki yanı gerdirilmiş PP) paketleyerek 6 ay süreyle depolamış ve duyu kalite değerlerini belirlemişlerdir. MAP uygulaması yapılan örneklerin paket içi O_2 içerikleri doğal olarak azalırken, CO_2 içeriklerinin de arttığını, Golden Delicious elma çeşidinde denge O_2 konsantrasyonunun %12.94-17.10 aralığında değişim gösterdiğini ve bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 40 mikron PP ile paketlenmiş örneklerin O_2 içeriğini Golden Delicious çeşidinde %17.1; Grany Smith çeşidinde ise %15.84 olarak belirlemiş, alçak yoğunluklu PE ile paketlenmiş örneklerde ise O_2 içeriğini Golden Delicious çeşidinde %13.82; Grany Smith çeşidinde ise %15.71 olarak ölçmüşlerdir. Örneklerin O_2 tüketimi ve CO_2 üretimindeki değişimin Golden Delicious elma çeşidinde Grany Smith çeşidine göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin modifiye atmosferde depolanmasında farklı kalınlıklardaki değişik ambalaj filmlerinin uygunluğunun belirlenmesini amaçlayan bir araştırmada, elmalar hasat edildikten sonra polistren tabaklara yerleştirilerek 20, 30, 40 mikron kalınlığında PP ve 30, 50 mikron kalınlığındaki PE ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış ve elmalar 1 °C'de 10 ay süre ile tutulmuştur. 10 aylık depolama sonunda her iki elma çeşidindeki ortalama en yüksek ağırlık kaybı (%4.62 ve %5.94) sırasıyla Granny ve Amasya elmalarının kontrol örneklerinde gerçekleşirken, modifiye atmosferde depolanan örneklerde daha düşük düzeylerde ağırlık kaybı olmuştur. Ayrıca meyvelerin sertlik değerleri incelendiğinde, en yüksek sertlik değeri ortalamaları filmle ambalajlanan

örneklerde belirlenirken, en düşük ise PE (sırasıyla 30 ve 50 µm) filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Titrasyon asitliği ve pH değerlerinin korunumunda modifiye atmosfer tekniğinin etkili olduğu saptanmış, en yüksek ortalama asitlik değerleri her iki elma çeşidi için de PP (20 ve 30 µm) filmlerle ambalajlanan örneklerde görülmüştür. En düşük pH ortalama değerleri her iki elma çeşidinde de PP (20 µm) filmle ambalajlanan örneklerde belirlenmiştir (Saraçoğlu, 2007).

Yaygın olarak kullanılan MAP teknolojisi, son zamanlarda yenilebilir film uygulamaları ile birlikte kombine edilerek de uygulanmaktadır.

Havuç çubuklarının muhafazasında yenilebilir kitosan kaplama ve MAP birlikte kullanılarak fitokimyasalların ve kalitenin korunması incelenmiştir. Kitosan kaplamayla birlikte MAP uygulamasının havuç çubuklarında fenolik madde içeriğini arttırdığı, ayrıca bu uygulamayla havuç çubuklarının kalitesinin korunduğu ifade edilmiştir (Simoes ve ark., 2009). Benzer bir çalışmada ise, dilimlenmiş lotus kök sebzesine kitosan+MAP uygulanarak esmerleşme derecesi kontrol edilmiştir. Sekiz gün depolama sonunda L* değeri kitosan+MAP uygulanan örneklerde kaplanmayanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca kitosan+MAP uygulamasının esmerleşmeyi önlediği ve raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Xing ve ark., 2010).

Rojas Grau ve ark. (2008) tarafından; aljinat ve jellan bazlı yenilebilir filmler (N-asetilsisteinin ve kalsiyum klorür içeren) ile kaplanmış Fuji elmalar oksijen geçirgenliği ($110 \text{ cm}^3 \text{ O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ bar}^{-1} \text{ gün}^{-1}$) bilinen plastik filmler ile (41 °C'de 23 gün boyunca) paketlenmiş, tepe boşluğundaki değişiklikler, sertlik, mikrobiyal gelişim ve renk değişiklikleri araştırılmıştır. Paketlerdeki O_2 ve CO_2 konsantrasyonu ölçülmüş ve kaplanmış ve kaplanmamış taze kesilmiş elmalar arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Yenilebilir filmler kesilmiş taze elmaların mikrobiyolojik bozulmasını geciktirmiştir. Aljinat ve jellan yenilebilir kaplamalar; depolamanın ilk günlerinden itibaren önemli derecede enzimatik esmerleşme ve doku yumuşaması gösteren kontrol grubu elma dilimleri ile karşılaştırıldığında, elma dilimlerinin raf ömrünü etkili biçimde uzatmıştır.

Maya-Merz ve ark. (2014), yaptığı bir çalışmada aljinat kaplamalar, kesilmiş elmalarda aroma üretiminin öncüsü olan linoleik asit veya izolösün taşıyıcısı olarak kullanılmıştır. Elma dilimleri bir CaCl_2 çözeltisine batırılmış ve aljinat çözeltisi, aljinat+Ca+düşük seviyeli linoleik asit, aljinat+Ca+yüksek seviyeli linoleik asit, aljinat+Ca+düşük seviyeli izolösün ve aljinat+Ca+yüksek seviyeli izolösün filmleri ile kaplanmıştır. Elma dilimleri, 21 gün için 3 °C'de ve %85 bağıl nemde depolanmış ve ana uçucu maddeler depolama boyunca incelenmiştir. Araştırmacılar öncelikli olarak izolösün öncüllerinin eklenmesinin, kaplanan kesilmiş taze elmalarda depolama süresince bazı uçucu sıvıların üretimini arttırdığını belirtmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada Tokat meyve ve sebze halinden temin edilen “Amasya” çeşidi elmalar kullanılmış ve işlem görene kadar Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında +1 °C’de depolanmıştır.

Film formülasyonları için yüksek yoğunluklu kitosan (>400 m Pa. s, %1 asetik asit (AS), Sigma), orta viskoziteli sodyum aljinat (2.000 cp, %2, Sigma) ve yerel bir aktardan temin edilen kurutulmuş stevia yaprakları (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Ayrıca plastikleştirici olarak gliserol (Sigma-Aldrich, Almanya) ve oksidasyonu önleyici ajan olarak askorbik asit (1.65 g/cm³, E300, Tito, Çin) ilave edilmiştir.



Şekil 3.1. Kurutulmuş stevia yaprağı

MAP aşamasında, polietilen (30 µm) ve polipropilen (30 µm) ambalaj materyalleri ısıtılma makinesi ile uygun boyutlara getirilmiştir. Ayrıca dilimlenmiş elmaların ambalaj içerisine yerleştirilmesi için uygun boyutta strafor taşıyıcı tabak kullanılmıştır.

Tez kapsamında yürütülen çalışmalar ve aşamaları aşağıda sırasıyla verilmiş, üretim görselleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

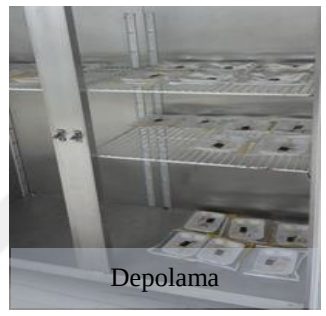
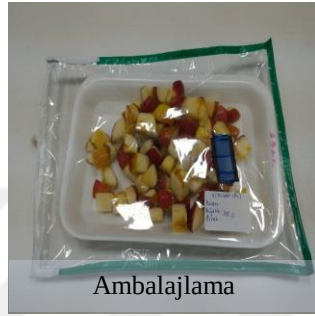
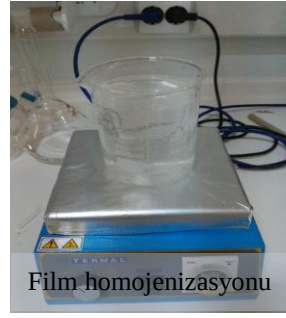
A. Yenilebilir film formülasyonları oluşturulmuştur. Bunun için;

- Kitosan,
- Kitosan+stevia,
- Sodyum aljinat,
- Sodyum aljinat+stevia,
- Stevia,
- Kitosan+sodyum aljinat+stevia materyalleri ile film üretimi için gerekli konsantrasyonlar ön denemeler ile belirlenmiştir.

B. Dilimlenmiş elmalar, ön denemelerle belirlenen formülasyonlarda, yenilebilir film ve stevia içeren film formülasyonları ile kaplanmıştır (bu aşamada belirlenen kalite kriterleri açısından en iyi sonucu veren yenilebilir film formülasyonları, daldırma ve kurutma süreleri seçilmiştir).

C. Yenilebilir film ile kaplanmış elmalar pasif modifikasyon ile modifiye atmosferde paketlenmiştir (bu aşamada 2 farklı geçirgenliğe sahip (PE, PP; 30 µm) film kullanılarak uygun film seçimi yapılmış ve yemeye hazır elma dilimlerinin raf ömrüne etkisi araştırılmıştır).

D. Yenilebilir film MAP kombinasyonları, +1 °C’de depolanmış ve kalite değişimleri fiziksel, kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik analizler ile saptanmıştır.



Şekil 3.2. Film üretimi ve uygulamaları

3.1. Yenilebilir Film Formülasyonlarının Oluşturulması

Yenilebilir film formülasyonlarının oluşturulması aşamasında kitosan, sodyum aljinat ve her ikisinin stevia içeren kombinasyonları, stevia, kitosan+sodyum aljinat+stevia film denemeleri yapılmıştır.

3.1.1. Kitosan film formülasyonu

Kitosan bazlı yenilebilir film üretimi için uygun kitosan (yüksek yoğunluklu) miktarını belirlemek amacıyla, kitosan %1 (h/h)'lik asetik asitte (Sigma-Aldrich, Almanya) çözündürülerek farklı konsantrasyonlarda (%0.5-2; a/h) film hazırlanmıştır (Çizelge 3.1a). Filme plastikleştirici olarak %1 ve %1.5 (h/h) oranında gliserol eklenmiştir. Ayrıca antioksidan özelliği kazandırmak için %2 askorbik asit ilavesine gidilmiştir. Hazırlanan film 40 °C'de bir saat boyunca homojenize edilmiş, ardından film ultrasonik banyoya (Elmasonic S 100 (H), Elma, Almanya) konularak 30 dakika boyunca degaz işlemine tabi tutulmuştur. Film çözeltisi petri içine pipet yardımı ile yayılarak ortam sıcaklığında kuruyana kadar bekletilmiştir (Meng ve ark., 2007; Duran, 2013).

3.1.2. Sodyum aljinat film formülasyonu

Sodyum aljinat, sıcak su (45 °C) içerisinde çözündürülerek farklı konsantrasyonlarda (%1-5) sodyum aljinat filmi hazırlanmış ve plastikleştirici olarak %5 ile %20 (h/h) aralığında değişen farklı oranlarda gliserol ilave edilmiştir (Çizelge 3.1b) (Chiabrando ve Giacalone, 2016). Filme antioksidan özelliği kazandırmak için %2 askorbik asit ilavesine gidilmiş, ardından film ultrasonik banyo içerisine konularak 30 dakika boyunca degaze işlemine tabi tutulmuştur. Film çözeltisi petri içine pipet yardımı ile yayılarak ortam sıcaklığında kuruyana kadar bekletilmiştir.

3.1.3. Yenilebilir film+stevia kombinasyonlarına ait formülasyonlar

Kurutulmuş *Stevia rebaudiana* yapraklarından 8.33 g tartılarak kaynama derecesindeki 100 ml saf suya eklenmiş ve 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra heterojen karışım filtre edilerek kullanılabilecek kadar -80 °C’de depolanmıştır (Carbonell-Capella ve ark., 2015).

Yenilebilir film formülasyonlarına konsantrasyonu %2.5 olacak şekilde stevia ekstraktından yavaş yavaş ilave edilerek hazırlanmıştır (Çizelge 3.1a, 3.1b) Nihai konsantrasyon daha önce yapılan çalışmalarda en iyi antimikrobiyal etkiyi göstermesi ve bu oranın ticari meyve esaslı içeceklerin sakkaroz konsantrasyonu ve tatlılık eşdeğeri (stevia/sukroz) olması nedeniyle seçilmiştir (Savita ve ark., 2004; Belda-Galbis ve ark. 2014; Carbonell-Capella ve ark., 2015; Carbonell-Capella ve ark., 2016). Hazırlanan filmler petri içine pipet yardımı ile yayılarak oda sıcaklığında kuruyana kadar bekletilmiştir.

3.1.4. Stevia filmi formülasyonu

Stevia içeren (%2.5) film çözeltisine %5 ile %20 aralığında gliserol eklenmiş ve 15 dakika homojenize edilmiştir. Filme antioksidan özelliği kazandırması için %2 askorbik asit ilave edilmiştir (Çizelge 3.1c). Ardından film ultrasonik banyo içerisine konularak 30 dakika boyunca degaz işlemine tabi tutulmuştur. Film çözeltisi petri içine pipet yardımı

ile yayılarak ortam sıcaklığında kuruyana kadar bekletilmiştir (film oluşumu hiçbir konsantrasyonda gerçekleşmediği için çalışma kapsamından çıkarılmıştır).

3.1.5. Kitosan+sodyum aljinat+stevia kombinasyonları ile film üretimi

Kitosan+sodyum aljinat+stevia kombinasyonundan film üretimi için %5 kitosan, %5 sodyum aljinat, %2.5 stevia oranları ile film hazırlanmış ve plastikleştirici olarak %5 (h/h) gliserol ilave edilmiştir (Çizelge 3.1c). Bunun için sodyum aljinat 45 °C’de sıcak suda 1 saat çözündürülmüştür. Ardından çözeltiye %1 asetik asit içerecek şekilde asetik asit ilave edilmiştir ve oluşan çözelti içerisinde kitosan çözündürülmüştür. Bu aşamada stevia çözeltisi de eklenmiştir. Ayrıca %2 askorbik asit ilave edilmiş, ardından film ultrasonik banyoya konularak 30 dakika boyunca degaz işlemine tabi tutulmuştur. Film çözeltisi petri içine pipet yardımı ile yayılarak ortam sıcaklığında kuruyana kadar bekletilmiştir (deneme sonucunda homojen yapıda film elde edilememiştir, bu nedenle çalışmadan çıkarılmıştır).

Çizelge 3.1a. Ön deneme film formülasyonları

%Kİ	%S	%AS	%GL	%AA
0.5	-	1	1	-
0.75	-	1	1	-
1	-	1	1	-
1.5	-	1	1	-
2	-	1	1	-
0.5	2.5	1	1	-
0.75	2.5	1	1	-
1	2.5	1	1	-
1.5	2.5	1	1	-
2	2.5	1	1	-
0.5	-	1	1.5	2
0.75	-	1	1.5	2
1	-	1	1.5	2
1.5	-	1	1.5	2
2	-	1	1.5	2
0.5	2.5	1	1.5	2
0.75	2.5	1	1.5	2
1	2.5	1	1.5	2
1.5	2.5	1	1.5	2
2	2.5	1	1.5	2

Çizelge 3.1b. Ön deneme film formülasyonları

%SA	%S	%GL	%AA
1	-	5	-
1.25	-	5	-
1.5	-	5	-
2	-	5	-
2.5	-	5	-
1	-	10	-
1.25	-	10	-
1.5	-	10	-
2	-	10	-
2.5	-	10	-
1	-	20	-
1.25	-	20	-
1.5	-	20	-
2	-	20	-
2.5	-	20	-
1	-	5	2
1.25	-	5	2
1.5	-	5	2
2	-	5	2
2.5	-	5	2
1	-	10	2
1.25	-	10	2
1.5	-	10	2
2	-	10	2
2.5	-	10	2
1	-	20	2
1.25	-	20	2
1.5	-	20	2
2	-	20	2
2.5	-	20	2
1	2.5	5	2
1.25	2.5	5	2
1.5	2.5	5	2
2	2.5	5	2
2.5	2.5	5	2
1	2.5	10	2
1.25	2.5	10	2
1.5	2.5	10	2
2	2.5	10	2
2.5	2.5	10	2
1	2.5	20	2
1.25	2.5	20	2
1.5	2.5	20	2
2	2.5	20	2
2.5	2.5	20	2

Çizelge 3.1c. Ön deneme film formülasyonları

%Kİ	%SA	%S	%GL	%AS	%AA
-	-	2.5	5	-	2
-	-	2.5	10	-	2
-	-	2.5	20	-	2
5	5	2.5	5	1	2

3.2. Yenilebilir Filmlerin Elma Dilimlerine Uygulanması

Ön işleme tabi tutulan elmalar film çözeltilerine daldırılarak, en uygun daldırma süresi ile daldırma sayısı tespit edilmiş ve kurutma süresi belirlenmiştir.

3.2.1. Elmalara uygulanan ön işlemler

Elmalar film kaplama öncesinde yıkanmış, kurulanmış, çekirdek evleri çıkarılmış ve kabuklu olarak dilimlenmiştir.

3.2.2. Elmaların filme daldırılması ve daldırma sürelerinin tespiti

Yenilebilir filmin elmalara uygulanması daldırma yöntemi ile yapılmıştır. Elmalar 0, 15, 20 ve 30 dakika boyunca film formülasyonları içerisinde bekletilmiştir. Ayrıca kaplanmış elmalar 0, 30, 60 ve 90 dakika kurutma sonrasında ikinci daldırma işlemine tabi tutulmuştur.

3.2.3. Filme daldırılan elmaların kurutma sürelerinin tespiti

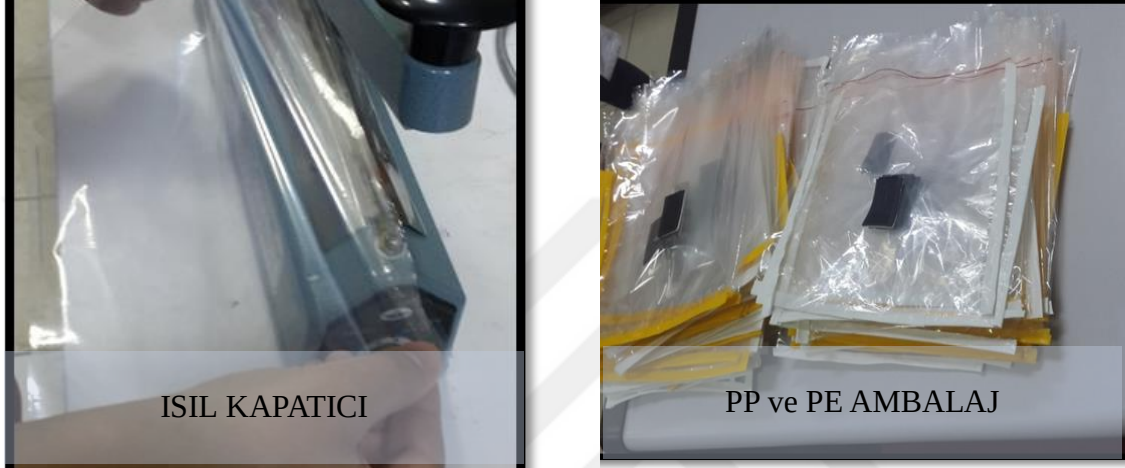
Film ile kaplanmış elmalar 20 dakika süzildikten sonra 30, 45, 60, 90 ve 120 dakika kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur.

3.3. Kaplanmış Elmalara MAP Uygulanması ve Depolama Süresinin Tespiti

Kaplanmış ve kaplanmamış elmalar farklı ambalaj materyallerinde MAP koşullarında depolanarak en uygun ambalaj materyali ve depolama süresi tespit edilmiştir.

3.3.1. Ambalajlama işlemi

Ambalaj materyali (PE, PP) ambalajlama öncesi uygun ölçülerde kesilerek, ısıtıcı ile kapatılmış ve ısıtıcı işlem sonrası olası hava geçirme tehlikesine karşın hava geçirmez bant ile çevrelenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ambalaj yapımı (PE, PP)

Ön denemeler için örnekler strafor kap içerisinde PP ve PE ambalajlara, analizler için 300 g örnek strafor kap içerisinde PP ambalajlara yerleştirilerek ağız kısmı ısıtıcı ile kapatılmış ve bantlanmıştır. Ambalaj üzerine ortam gaz bileşimini ölçmede kullanılmak üzere hava geçirmez kauçuk bant yapıştırılmıştır.

3.3.2. Depolama süresinin tespiti

Örneklerin raf ömrünün belirlenmesi amacıyla, kontrol ve film kaplı örnekler 2 tekerrürlü olarak PP ve PE ambalajlarda +1 °C'de 8 gün boyunca depolanmış ve 2 günde bir ağırlık kaybı, doku ve %O₂/CO₂ oranları değerlendirilmiştir. Ana denemelerde ise belirlenen raf ömründe 24 saatte bir fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizlere tabi tutulmuştur.

3.4. Analiz Yöntemleri

Film kaplı ve kaplanmamış elma dilimleri için depolama süresi boyunca yapılan analizlere ait yöntemler; fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu ve istatistiksel analiz yöntemleri başlıkları altında verilmiştir.

3.4.1. Fizikokimyasal analizler

Fizikokimyasal analizler kapsamında kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Polifenoloksidaz enzim aktivitesi

Ham ekstraktın hazırlanması: Ham ekstrakt hazırlanması amacıyla -80 °C'den çıkarılan 5 g örnek üzerine 5 ml soğuk distile su ilave edilerek 60 saniye süreyle ultraturaks (IKA T18 Basic, Almanya) ile homojenat haline getirilmiştir. Ardından 6000 rpm'de 4 °C'de 30 dakika süreyle santrifüj edilmiş (Hettich EBA 21, Almanya) ve berrak kısım iki kat kaba filtre kağıdı ile süzöldükten sonra analize tabi tutulmuştur.

Enzim aktivitesi tayini: Aktivite ölçümü spektrofotometrede 420 nm dalga boyunda ve 2.6 mililitrelik küvetler kullanılarak yapılmıştır. Substrat çözeltisi için enzimatik oksidasyon çalışmalarında model substrat olarak kullanılan 0.5 M kateşol çözeltisi kullanılmıştır.

Kör hazırlamak için 3 mililitrelik küvet içerisine, 2000 µl distile su ve 500 µl substrat çözeltisi konulmuştur. Ölçümü yapılacak olan numune için ise diğer küvete 2000 µl distile su, 100 µl substrat çözeltisi ve 500 µl ham ekstrakt çözeltisi konularak spektrofotometrede 420 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. Spektrofotometrede ölçüm yapılırken 3 dakika boyunca aktivite değişimi gözlemlenmiş, başlangıçtan itibaren 30 sn'de bir ve 3. dakika sonundaki absorbans değerleri belirlenerek aradaki fark kayıt altına alınmıştır.

Aktivite birimi olarak 1 ml enzim çözeltisi başına 1 dakikada absorbansta meydana gelen 0.001 birimlik değişim kullanılmıştır.

Enzim aktivitesi, absorbans değerinin zamana karşı işlenmesiyle elde edilen kürvenin başlangıçtaki düz kısmının eğimine göre belirlenmiştir (Yemencioğlu ve Cemeroğlu, 1998).

Hesaplama;

$$\text{Aktivite (Unite/ml enzim ekstraktı)} = (E/0.001)(1/H_e)(H_{rk})(S_f) \quad (1)$$

E: Reaksiyon karışımında aktiviteden kaynaklanan absorbans değişiminin süreye karşı işlenmesiyle elde edilmiş olan absorbans-süre eğrisinin (Ek 1) başlangıçtaki doğrusal kısmın eğimi ($\Delta\text{abs/dak}$)

0.001: Abs/dak değerinin üniteye çevrilmesi için kullanılan sabit değer

H_e : Enzim ekstraktının, reaksiyon karışımı içerisindeki hacmi (ml)

H_{rk} : Reaksiyon karışımının toplam hacmi (ml)

S_f : Seyreltme faktörü

Toplam fenolik madde

Örneğin analize hazırlanması: Antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde analizleri için; ultraturaksda pulp haline getirilmiş 20 g elma örneği üzerine, 20 ml %70 metonol ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Ardından ultrasonik su banyosunda 2 saat ekstrakte edilmiş ve filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Süzöntü 10 ml santrifüj tüplerine alınarak analiz edilene kadar -80 °C’de bekletilmiştir.

Elmaların fenolik madde içerikleri Franke ve ark. (2004)’nın tanımladığı spektrofotometrik yöntemle uygun şekilde yürütölmüştür.

Standart eğrinin oluşturulması: Stok gallik asit (Sigma-Aldrich, Almanya) çözeltisinin farklı konsantrasyonlarına (%1, 2, 4, 6, 8, 10; etil alkolde) 5 ml folin-ciocaltue ayracı

(Sigma-Aldrich, İsviçre) ve 10 ml NaHCO₃ (Merck, Almanya) ilavesinden sonra standartlar 100 ml'ye tamamlanmıştır. Ardından 2 saat karanlık ortamda bekletilmiş ve 760 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyonlarından standart kurve oluşturulmuştur (çözeltilerin hazırlanması ile ilgili detaylar ve kullanılan kalibrasyon eğrisi Ek 2'de verilmiştir)

Örnek hazırlama: 1 ml ekstrakt üzerine 5 ml folin (%10'luk; h/h) ve 10 ml NaHCO₃ (%20'lik; a/h) ilave edilmiş ve 100 ml'ye tamamlanmıştır. 2 saat karanlık ortamda bekledikten sonra 760 nm'de absorbans değerleri kaydedilerek standart grafikten absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değeri, seyreltmeler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Kör için örnek yerine 1 ml saf su kullanılmıştır.

Antioksidan kapasite

Elmaların antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için Re ve ark. (1999) tarafından geliştirilen spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır.

Standart eğrinin oluşturulması: Standart olarak Troloks ($\pm$ -6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid, Sigma-Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. 3 ml çalışma çözeltisi üzerine 300 μ l troloksun farklı konsantrasyonları (%1, 2, 4, 6, 8, 10; etil alkolde) ilave edilip karıştırıldıktan sonra reaksiyonun gerçekleşmesi için oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 6 dakika bekletilmiştir ve 734 nm absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyonlarından standart eğri oluşturulmuştur (çözeltilerin hazırlanması ile ilgili detaylar ve kullanılan kalibrasyon eğrisi Ek 3'te verilmiştir).

Örnek hazırlama: 3 ml çalışma çözeltisi üzerine 300 μ l örnek ilave edilip karıştırıldıktan sonra reaksiyonun gerçekleşmesi için oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 6 dakika bekletilmiştir ve 734 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Elde edilen veriler seyreltmeler dikkate alınarak μ M TE/ml olarak standart eğri üzerinden hesaplanmıştır.

%O₂ ve CO₂ konsantrasyonları

O₂ ve CO₂ konsantrasyonları gaz analizatörü ile (Gaspac 2, İngiltere) belirlenmiştir. Bu aletin injeksiyon iğnesi önceden paket üzerine yapıştırılmış kauçuk bir mantar içerisine batırılarak paketin tepe boşluğundaki O₂ ve CO₂ miktarları % olarak ölçülmüştür (Demirdöven ve Batu, 2003).

Solunum hızı

Gaz ölçümleri Gaspac 2 marka gaz analizatörü kullanılarak yapılmıştır. Kontrol grubu ve kaplanmış örneklerden 1'er kg örnek alınarak 5 litrelik kavanozlara yerleştirilen örneklerde 24 saat sonundaki %O₂ ve %CO₂ konsantrasyonlarına bakılmış ve bu değerler kullanılarak solunum hızları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Anonim, 1999).

$$\text{Solunum hızı, mlO}_2\text{.kg}^{-1}\text{.sa}^{-1} = (A-B)*V/100 \quad (2)$$

$$\text{Solunum hızı, mlCO}_2\text{.kg}^{-1}\text{.sa}^{-1} = C*V/100 \quad (3)$$

A: Başlangıç O₂ konsantrasyonu, %

B: Son O₂ konsantrasyonu, %

C: Son CO₂ konsantrasyonu, %

V: Kavanozdaki havanın hacmi, ml

pH değeri

Elma pulp haline getirilmiş ve ultraturaks (ile homojenize edilerek pH değeri WTW Inolab pH Level 1 (Almanya) model pH-metre kullanılarak ölçülmüştür (Anonim, 1995).

Titrasyon asitliği

Örnek hazırlama: Ultraturaks) ile pulp haline getirilmiş 15 g elma örneği, 150 ml'lik erlene konarak üzeri sıcak su ile tamamlanmış, ağzı kapalı olarak 2 saat bekletilmiştir. Bekletme sonrası filtreden geçirilerek analize hazırlanmıştır.

Hesaplama: Hazırlanan örnek, seyreltme faktörü dikkate alınarak % malik asit (g/100 meyve) cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Stevens ve ark., 1979).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = V \cdot N \cdot \text{Me} / M \cdot 100 \quad (4)$$

V = Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml

N = NaOH çözeltisinin normalitesi

Me = Malik asitin mili eşdeğer gram ağırlığı (0.067)

M = Örnek ağırlığı, g

Toplam kuru madde (KM)

Elma örneklerinin kuru madde oranları gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (Anonim, 1997b). Sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış paslanmaz çelik kaplara (G₂) homojenize edilmiş yaklaşık 5'er gram örnek (G₁) tartılarak 105±2 °C'lik hava akımlı etüvde (Memmert 100-800, Schwabach, Almanya) 4 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda kaplar desikatöre alınıp 1 saat süre ile soğuması sağlandıktan sonra ağırlıkları (G₃) belirlenmiştir. Bu işleme sabit tartım elde edilinceye kadar devam edilerek yüzde (%) kuru madde miktarları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru madde (\%)} = [(G_3 - G_2) / (G_1 - G_2)] \cdot 100 \quad (5)$$

Suda çözünür kuru madde (SÇKM)

Her bir grup için elmalar ultraturaks ile homojenize edilmiş ve süzüntüleri Abbe refraktometresinin (CETİ 8200, İngiltere) haznesi üzerine 2-3 damla damlatılarak SÇKM değerleri belirlenmiştir (Kopeliovitcg ve ark., 1982).

Su aktivitesi

Her gruptaki örneğin su aktivitesi değeri 25 °C'deki su aktivite cihazı (AquaLab Model Series 3TE) ile ölçülmüştür. Örnekler cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye geldiği değer, denge nem değeri olarak okunmuştur (Duran, 2013).

Ağırlık kaybı (%)

Elmaların başlangıç ve raf ömrü sonundaki tartımları yapılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanıp “%” olarak ifade edilmiştir (Tokatlı, 2016).

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)}: (a-b)/a *100 \quad (6)$$

a: Başlangıç ağırlığı, g

b: Depolama sonu ağırlığı, g

Bozulma oranı

Depolama süresi boyunca her bir analiz periyodunda açılan paketlerdeki bozulmuş örnek miktarı % olarak hesaplanmıştır.

Doku değeri

Elmaları dikey boyutundan 10 mm delmek için gereken maksimum kuvvet Newton cinsinden ölçülerek belirlenmiştir. Ölçümde, 10 mm çapında paslanmaz çelik başlığa sahip Digital Force Gauge, SH-50 Test cihazı kullanılmıştır (Anonim, 2002).

Renk değişimleri

Meyve eti rengi: Elmalarda meyve eti rengi meyve kabuğu içermeyen yüzeyde, Minolta renk ölçüm cihazı (Chroma meter, CR-300, Japonya) beyaz ve siyah standart bir plakada kalibre edildikten sonra, Hunter renk ölçüm parametreleri ile L* (parlaklık), a* (kırmızı/yeşil), b* (sarı/mavi) değerleri elma üzerinde üç farklı noktada ölçülerek belirlenmiştir (Anonim, 1991). L*, a* ve b* değerleri kullanılarak ΔE, ΔC ve Hue açısı değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Kabuk rengi: Elmalarda kabuk rengi tayini Minolta renk ölçüm cihazı (Chroma meter, CR-300, Japonya) beyaz ve siyah standart bir plakada kalibre edildikten sonra, Hunter renk ölçme sisteminde L* (parlaklık), a* (kırmızı/yeşil), b* (sarı/mavi) değerleri elma üzerinde üç farklı noktadan ölçüm yapılarak belirlenmiştir (Anonim, 1991).

$$\Delta E = [(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (7)$$

$$\Delta C = [(a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2]^{1/2} \quad (8)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (9)$$

3.4.2. Duyusal analiz

Örnekler tatlılık, ekşilik, elma aroması, gevreklik, sertlik ve kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Duyusal analiz, 9 panelist tarafından her bir özellik için 0-5 puan üzerinden grafik skala (Çizelge 3.2) kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu skalada panelist tarafından işaretlenen bölümün ortalama değerleri baz alınmıştır (Altuğ ve Elmacı, 2005).

Çizelge 3.2. Duyusal analiz değerlendirme formu

Ürün Kodu:	Aldığı Puan					
Tatlılık:	0	1	2	3	4	5
Ekşilik:	0	1	2	3	4	5
Elma aroması:	0	1	2	3	4	5
Gevreklik:	0	1	2	3	4	5
Sertlik:	0	1	2	3	4	5
Kabul edilebilirlik:	0	1	2	3	4	5

3.4.3. Mikrobiyolojik analiz

Tez kapsamında, mikrobiyolojik analizler; kaplanmış materyallerde ve kontrol örneğinde yürütülmüştür.

Örneklerin mikrobiyolojik analiz için hazırlanması: Steril stomacher poşetleri içerisine steril koşullarda 10 g örnek tartılmış ve 90 ml peptonlu (Biomark, Hindistan) su eklenip stomacher cihazı (IUL 707/470 Instruments, İspanya) ile 200 devirde 1 dakika süreyle homojenize edilmiş ve 10^{-1} 'lik seyrelti çözeltisi elde edilmiştir. Hazırlanan homojenizattan peptonlu su (%0.1) kullanılarak desimal dilüsyonlar hazırlanmıştır.

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı: Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için, hazırlanan dilüsyonlardan Plate Count Agar (PCA, Orgamik, OM-HB250) içeren petrilere yayma plak yöntemiyle ekimler yapıldıktan sonra petri kutuları 35 ± 2 °C'de 48 saat inkübe (Binder, BD23, Almanya) edilmiştir. İnkübasyon sonunda 25-250 arasında koloni içeren petrilere değerlendirilmeye alınmış ve sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir (Anonim, 2001a).

Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayımı: Toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımı için hazırlanan dilüsyonlardan PCA içeren petrilere yayma plak yöntemiyle ekimler yapıldıktan sonra petri kutuları 6 ± 2 °C'de 10 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon

sonunda uygun sayım aralığındaki petrilere alınan sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir (Anonim, 2001c).

Maya-küf sayımı: Besiyeri olarak sterilize edilmiş %10 tartarik asit içeren Potato Dextrose Agar (PDA, Orgamik, OM-HB265) kullanılmış ve hazırlanan dilüsyonlardan yayma plak yöntemi ile ekimler yapıldıktan sonra petrilere 25 ± 2 °C’de 5 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda uygun sayım aralığındaki petrilere gelişen tüm koloniler toplam maya-küf olarak sayılıp sonuçlar log kob/g olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2001b).

3.4.4. İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 16 paket programı kullanılarak yürütülmüştür. Uygulamaya ait farklılıklar, örnek gurupları ile depolama süresi-örnek gurupları interaksiyonları ait karşılaştırmalar, ilişkili örneklemeler için “tek faktör Anova (One-Way Anova for Repeated Measures)” analizine göre değerlendirilmiştir. Ortalama değerler %95 güven düzeyinde “Tukey” çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sonuçları; yenilebilir film formülasyonlarının oluşturulması ve üretimi, yenilebilir filmlerin elma dilimlerine uygulanması ve depolama sırasındaki kalite değişimlerinin izlenmesi basamaklarını içermektedir.

4.1.Yenilebilir Film Formülasyonlarının Oluşturulması

Film üretimi kitosan, sodyum aljinat ve her ikisinin stevia içeren kombinasyonlarının farklı konsantrasyonlarda oluşturulması ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Kitosan ve kitosan+stevia yenilebilir filmi

Denemelerde kullanılan %0.5-2 kitosan konsantrasyon aralığı literatürde bulunan çalışmalara göre belirlenmiştir. Nitekim Tezotto-Ulino ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, ahududu örneklerini hasat öncesi ve sonrasında %0, 0.5, 1 ve 2 kitosan konsantrasyonları ile kaplamanın raf ömrü üzerine olumlu etki yarattığını belirtmiştir (Özdemir, 2015).

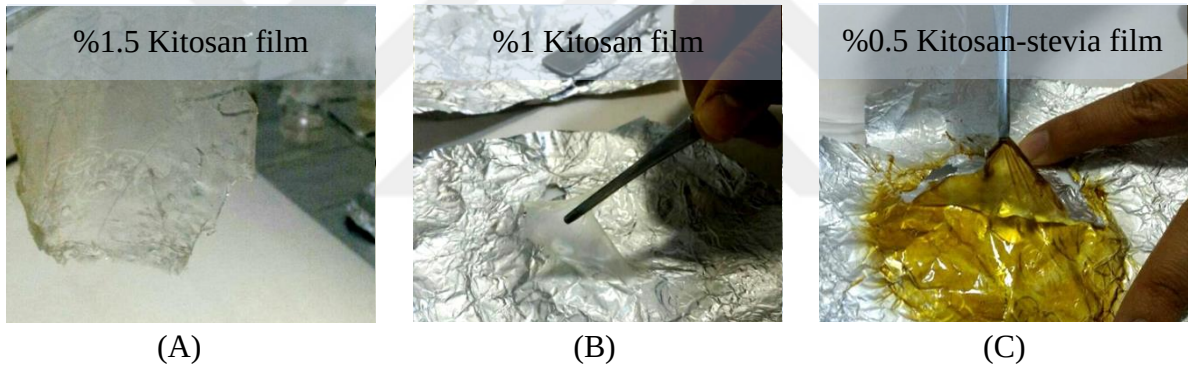
Kitosan ve kitosan+stevia uygun film formülasyonlarının oluşturulması için belirlenen %0.5-2 kitosan (yüksek yoğunluklu) konsantrasyon aralıklarından; %0.5, 0.75, 1, 1.5 ve 2 denenmiş, %1.5 ve üzerindeki oranlar ile elde edilen kitosan filmlerinin yoğun bir kıvamda olduğu gözlenmiştir. Bu durumla ilgili olarak kitosan konsantrasyonu arttıkça, ortam sıcaklığı azaldıkça ve asetilasyon derecesi arttıkça kitosan çözeltisinin viskozitesinin arttığı bildirilmiştir (Cahit, 2008; Belli, 2012). Bununla beraber %0.5 kitosan oranının film oluşumunda yetersiz kaldığı, %1 kitosan içeren kaplamaların ise oda şartlarında bekletme sonrasında %0.75'e göre daha uzun sürede kuruduğu tespit edilmiştir.

Tüm bu veriler sonucunda denenen kitosan film formülasyonları içerisinde en uygun konsantrasyon olarak %0.75 kitosan kullanımının daha uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber filmlerin kitosan formülasyonlarının, stevia ile

kombinasyonlarına göre daha viskoz olduğu gör÷lm÷ştür. Ayrıca belirlenen %0.75 kitosan konsantrasyon aralığında ölç÷len pH değeri kitosan filmi için 4.21, kitosan+askorbik asit film için 3.48 ve kitosan+stevia+askorbik asit film için ise 3.63'tür.

Sel÷loz, dekstran, aljinik asit, agar, agaroz, pektin, karagenan gibi doğal olarak bulunan polisakkaritler nötral veya asidik olmalarına karşın kitosan bazık bir polisakkarittir (Yıldırım ve ark., 2016). Bu nedenle filmlerdeki kitosan konsantrasyonu arttıkça pH değeri artma gör÷lm÷ştür.

Petrilere dök÷len filmlerin oda şartlarında 2 ile 3 gün de kuruduğu ve bu sürenin film yoğunluğuna göre değıştiği ve kuruyan filmlerden stevia içeren filmlerin biraz daha elastik bir yapıda ve koyu renkte olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



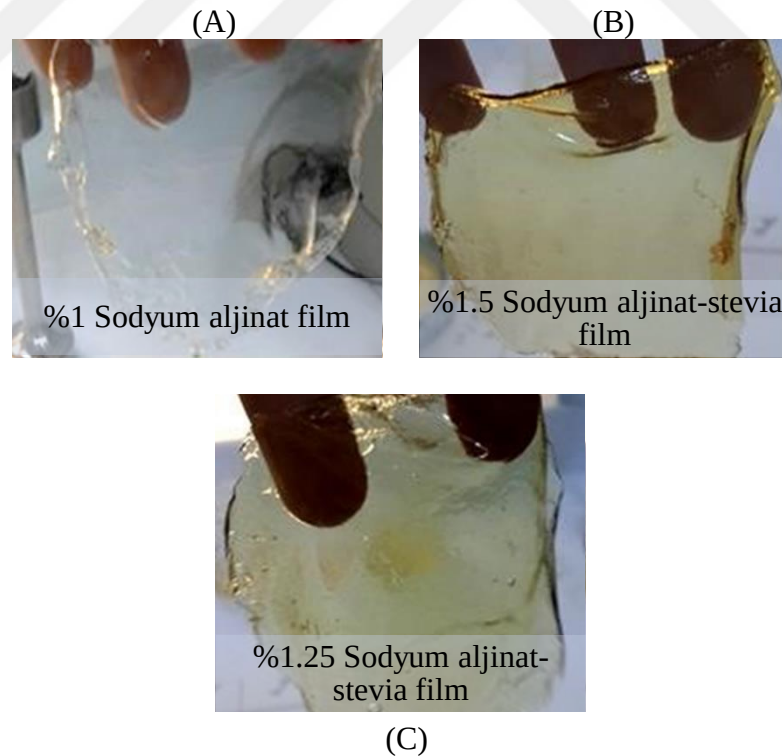
Şekil 4.1. %1.5 Kİ (A), %1 Kİ (B), %0.5 KİS (C) film

4.1.2. Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia filmi

Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia (SAS) içeren uygun film form÷lasyonlarının oluşturulması için belirlenen %1-5 sodyum aljinat (orta viskoziteli) (%20 gliserol) konsantrasyon aralıklarından; %1, 1.25, 1.5, 2, 2.5 denenmiş, %2 ve üzerindeki oranlar ile elde edilen sodyum aljinat filmlerinin yoğun bir kıvamda olduğu gözlenmiştir. Meyvelerde kaplama kalınlığının fazla olmamasına dikkat edilmektedir. Kaplama kalınlığı fazla ise içerdeki oksijen yoğunluğu istenilen seviyeden daha düşük olacağından karbondioksit seviyesi kritik seviyeye yükselecek ve anaerobik solunum gibi zararlı etkilerin ortaya çıkmasına neden olacaktır (Işık ve ark., 2013).

%1 sodyum aljinat konsantrasyonunda film oluşumunun yetersiz olduğu görülmüş, en iyi sonuç ise %1.5 sodyum aljinat oranında elde edilmiştir. Ayrıca aljinat film formülasyonları içerisinde stevia içeren kombinasyonların daha yoğun bir film oluşturduğu gözlenmiştir.

%1.25 sodyum aljinat+%2 askorbik asit+%20 gliserolün pH değeri 3.72, sodyum aljinat+stevia+%2 askorbik asit+%20 gliserolün pH değeri 3.85 olarak belirlenmiştir. Ayrıca sodyum aljinat, stevia ve askorbik asit kombinasyonunun kaplama özelliğini azalttığı ve daha fazla jelleşme oluşturduğu görülmüştür. Burada aljinat çözeltilerinin viskozitesinin, pH değeri düştükçe arttığı ve ayrıca pH 3-3.5 değerleri civarında maksimuma ulaştığı literatürde belirtilmektedir (Lee ve Mooney, 2012). Ayrıca çok değerlikli metal iyonlarının varlığında, çözelti viskozitesinde bir artış gözlenmekte ve bu iyonların yeterli miktarda bulunması durumunda jelleşme olayının oluştuğu belirtilmektedir (Zorba, 2006). Bununla birlikte stevia içeren film kombinasyonlarında %1.25 sodyum aljinat oranı (%20 gliserol) daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 4.2. %1 SA (A), %1.5 SAS (B), %1.25 SAS (C) film

Plastikleştiriciler su bağlanma kabiliyetini etkilemekte ve aynı zamanda film oksijen geçirgenliğini arttırmaktadır (McHugh ve Krochta, 1994a, 1994b; Sothornvit ve Krochta, 2000; Rojas-Grau ve ark., 2008). Çalışmada film formülasyonları için %5, 10, 20 oranlarında gliserol denemeleri yapılmış en iyi sonuç %20 ve %10 oranında elde edilmiştir. Çalışmada %10 gliserol oranı kullanılmıştır. %5 gliserol oranı ise stevia içeren formülasyonda yeterli iken stevia içermeyen sodyum aljinat film oluşumunda yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

4.1.3. Stevia ve kitosan+sodyum aljinat+stevia filmi

Stevia film üretim çalışmalarında film oluşmadığı görülmüştür. Bununla birlikte kitosan sodyum aljinat ve stevia kombinasyon çalışmalarında homojen bir film yapısı oluşmadığı gözlenmiştir. Gliserol oranının artırılması da film oluşumunda etkili olmamıştır.

4.2. Elmaların Yenilebilir Filmle Kaplanması ve MAP Uygulamaları

Bu aşamada; kitosan, sodyum aljinat ve her ikisinin stevia içeren kombinasyonlarının farklı konsantrasyonlarındaki formülasyonları elma dilimlerine uygulanmıştır. Burada öncelikli olarak filmlerin enzimatik esmerleşme üzerine etkisine (askorbik asit eklenmeden ve ultrason uygulaması olmadan) bakılmıştır. Daha sonra dilimlenmiş elmaların askorbik asite daldırılıp filmlerle kaplanması ile askorbik asitin filmlere ilave edilerek uygulanmasının enzimatik esmerleşme üzerine etkisi gözlenmiştir. Bununla birlikte ultrasonik degaz (UD) işleminin uygulanması sonucu meydana gelen yapısal değişimler incelenmiştir. Ayrıca dilimlenmiş elmaların filmlere daldırma sayısı, süresi ve kaplama sonrası kuruma süresi tespit edilmiştir.

4.2.1. Yenilebilir film uygulamalarının elma dilimlerine etkisi

Belirlenen formülasyonlarda üretilen filmlerin içerisine elmalar daldırılmış ve oda koşullarında bekletilmiştir. Bu süre zarfında kitosan ve stevia içeren kombinasyonlarının uygulandığı elmaların konsantrasyon arttıkça ve zaman ilerledikçe kontrol grubuna göre daha fazla enzimatik reaksiyona uğradığı ancak 3. günün sonunda daha az nem kaybı

olduğu gözlenmiştir. Ayrıca stevia uygulanmış filmler uygulanmamış filmlere göre daha fazla esmerleşme göstermiştir. Bu durumun stevianın doğal renginden ve stevianın içerdiği fenolik madde miktarı ve çeşidinin enzimatik esmerleşmeyi tetiklemesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Çünkü film formülasyonlarının uygulandığı 0. gün stevia içeren kombinasyonlarla kaplı elmaların daha koyu ve yeşilimsi kahve renkte olduğu görülmüştür.

Sodyum aljinat ve stevia içeren kombinasyonlarla yapılan kaplamalarda kitosan ve stevia içeren kombinasyonlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda yenilebilir filmlerin dilimlenmiş elmalarındaki enzimatik esmerleşmeyi önlemede tek başına yetersiz kaldığı ve stevianın bu yönde olumlu bir katkı sağlamadığı belirlenmiştir.

Askorbik asitin etkisi

Enzimatik esmerleşmenin önlenmesinde daha iyi sonuç elde etmek amacıyla askorbik asit uygulaması iki farklı şekilde yapılmıştır. İlkinde elma dilimleri %2 askorbik asit çözeltisine daldırılıp film ile kaplanmıştır. İkincisinde ise film formülasyonlarına askorbik asit ilave edilerek kaplama yapılmıştır.

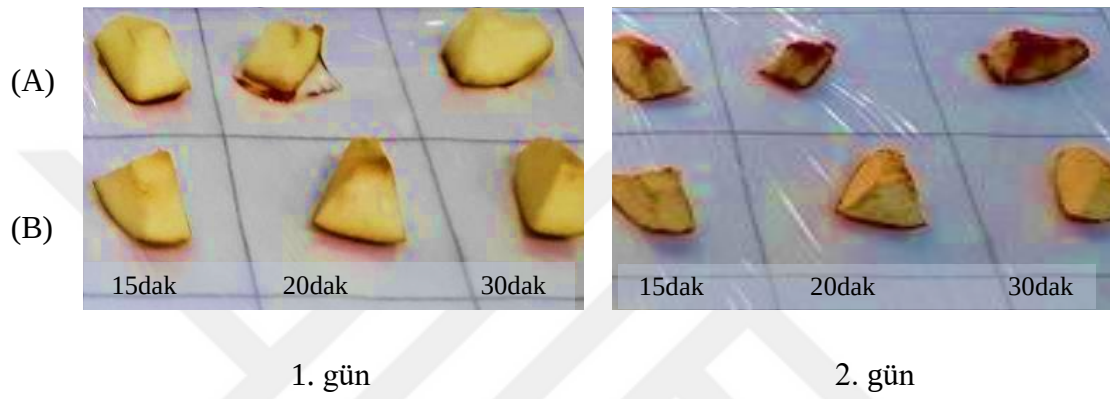
Denenen iki yöntem sonucunda askorbik asit, kontrol grubuna kıyasla enzimatik esmerleşmeyi önlemiştir. Ancak elmaların askorbik asitte bekletildikten sonra filme daldırılmasının (Şekil 4.3), askorbik asitin filme eklenmesinden (Şekil 4.4) daha kısa etki ettiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni, yenilebilir film içeriklerinin difüzyon hızını azaltmasıdır (Kandemir, 2006).

Bunun yanında askorbik asitin, yenilebilir film konsantrasyonu düştükçe daha etkili olduğu görülmüştür, ancak yenilebilir film konsantrasyonunun düşmesiyle nem kaybı artmaktadır. Chien ve ark. (2007)'nin farklı konsantrasyonlarda kitosan ile kapladıkları mangoların %su içeriği ile ilgili veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Buna göre konsantrasyonun artması %su içeriğini olumlu yönde etkilemiştir.

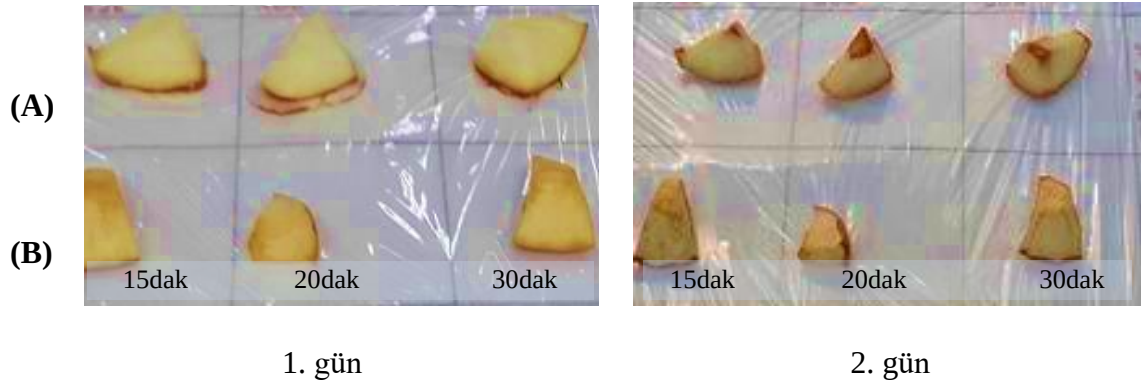
Çizelge 4.1. Farklı konsantrasyonlarda kitosan ile kaplanan mangoların %su içeriği değerleri (Chien ve ark., 2007)

%Kitosan	%Su miktarı	
	Depolama Başlangıcı	8 gün depolama sonrası
0.0	88.03 ± 1.06	70.88 ± 2.33
0.5	88.03 ± 1.06	73.34 ± 1.01
1.0	88.03 ± 1.06	78.53 ± 1.15
2.0	88.03 ± 1.06	78.80 ± 1.19

*(±standart sapma)



Şekil 4.3. %2 AA'ya sonra 15 dak-%0.5 Kİ'ye daldırma süreleri; (A) Film kaplı (B) Kaplanmamış

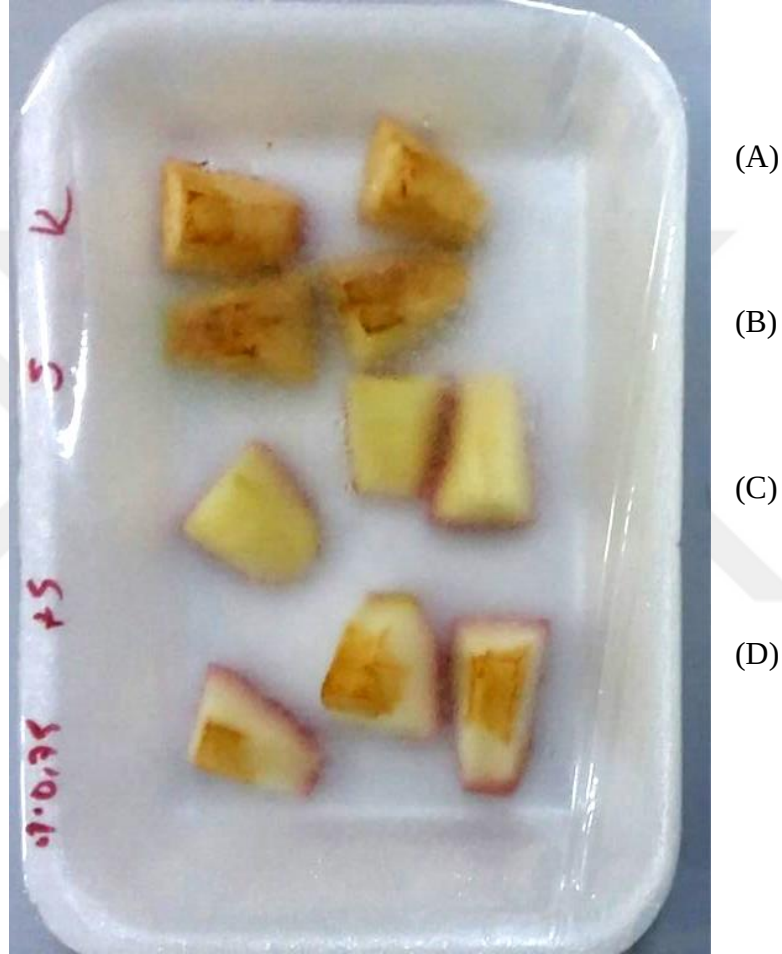


Şekil 4.4. %0.5 Kİ (AA'li)'ye daldırma süreleri(A) Film kaplı, (B) Kaplanmamış

Stevia'nın etkisi

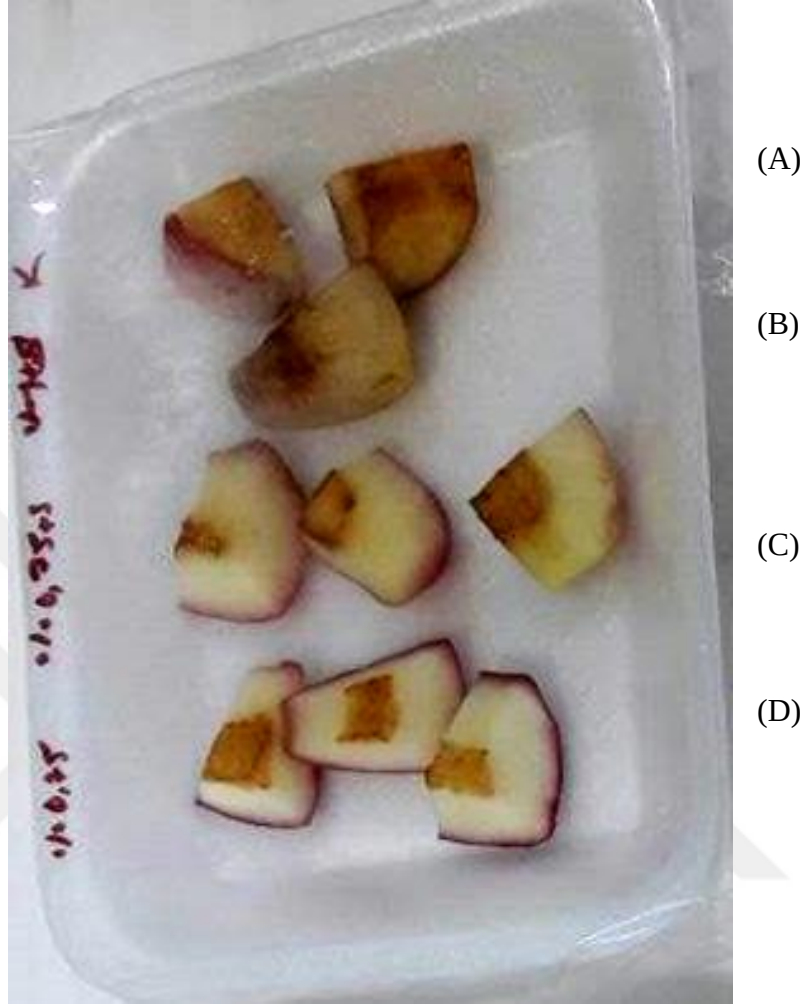
Stevia içeren yenilebilir film kombinasyonları ile kaplanmış örneklerin rengi diğer gruplara göre daha farklı olmakla birlikte yeşilimsi kahvedir (Şekil 4.5, 4.6). Ancak askorbik asit ilaveli denemelerde stevia+yenilebilir film kombinasyonu ile kaplı elma

dilimlerinde enzimatik esmerleşme daha az olmuştur. Bu durum stevianın antioksidan özelliğinin askorbik asit ilavesi ile arttığını göstermektedir. Nitekim stevianın antioksidan özelliği ile ilgili bilgilere literatürde rastlanılmaktadır. Ayrıca askorbik asitin diğer antioksidanlarla kullanıldığında onların etkisini arttırdığı bilinmektedir (Borenstein, 1972; Dinçer, 1987; Çakmakçı ve Gökalp, 1992).



Şekil 4.5. Filmlerin PE'deki durumu (3. gün, 4 °C); (A) K, (B) %2.5 S, (C) %0.75 KİS, (D) %0.75 Kİ

Duyusal özelliklerine bakıldığında stevia içeren filmler ile kaplanmış örneklerin kokusunda ve tadında belirgin bir şekilde stevia varlığı hissedilmektedir.



Şekil 4.6. Filmlerin PP'deki durumu (3.gün, 4 °C); (A) K, (B) %2.5 S, (C) %0.75 KİS, (D) %0.75 Kİ

Ultrasonik degaz uygulamasının etkisi

Film üretimi sırasında ultrason uygulamasından olumlu sonuçlar alınmıştır. Filmlere ultrason uygulanmadan kaplanan elmalar uygulanana göre daha kısa sürede esmerleşme göstermiştir. Bunun nedeni, UD uygulaması ile film formülasyonlarındaki çözünmeyen partiküllerinin çözünmesi, hava kabarcıklarının uzaklaştırılması ve daha homojen bir yapı meydana gelmesidir (Şekil 4.7).



(A)

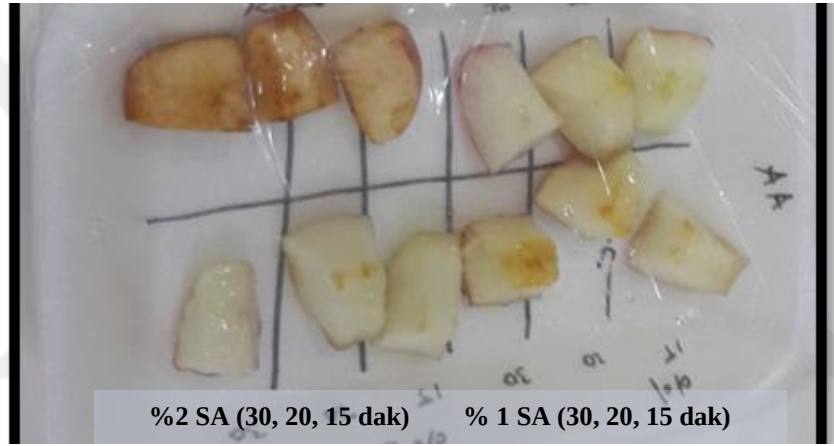
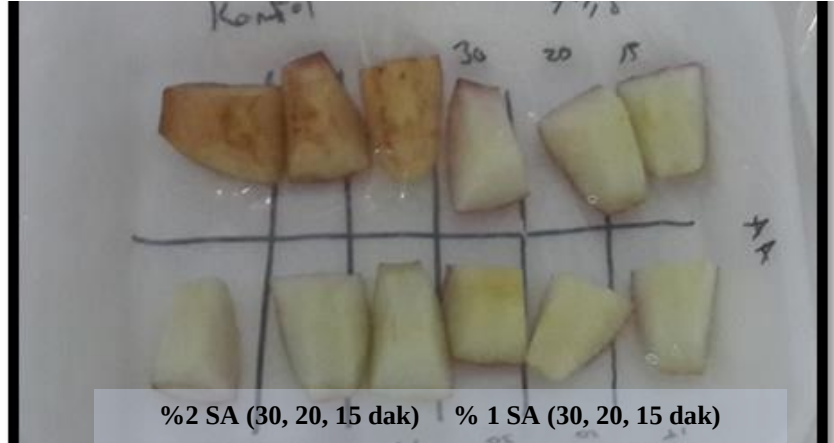


(B)

Şekil 4.7. Filme UD uygulaması; öncesi (A) ve sonrası (B)

4.2.2. Daldırma süresi ve sayısının tespiti

Dilimlenmiş elmalar yenilebilir film formülasyonlarına 0, 15, 20 ve 30 dak süre ile daldırılmış ve daldırma sürelerinin etkisi gözlenmiştir. Kitosan ve stevia içeren formülasyonlar için daldırma süresinin fark aratmadığı ancak sodyum aljinat ve stevia içeren formülasyonlarında 30 dak daldırma süresinin daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. SA oranları ve daldırma süreleri (4 °C, sırasıyla 1. ve 2. gün)

Ayrıca tüm film formülasyonlarında elmalar ilk daldırmadan sonra 30. 60. ve 90. dakikalarda ikinci kez daldırılmış fakat olumlu bir sonuç alınamamıştır. Bu durum enzimatik reaksiyonu artırmış, kuruma süresini uzatmıştır (Şekil 4.9).

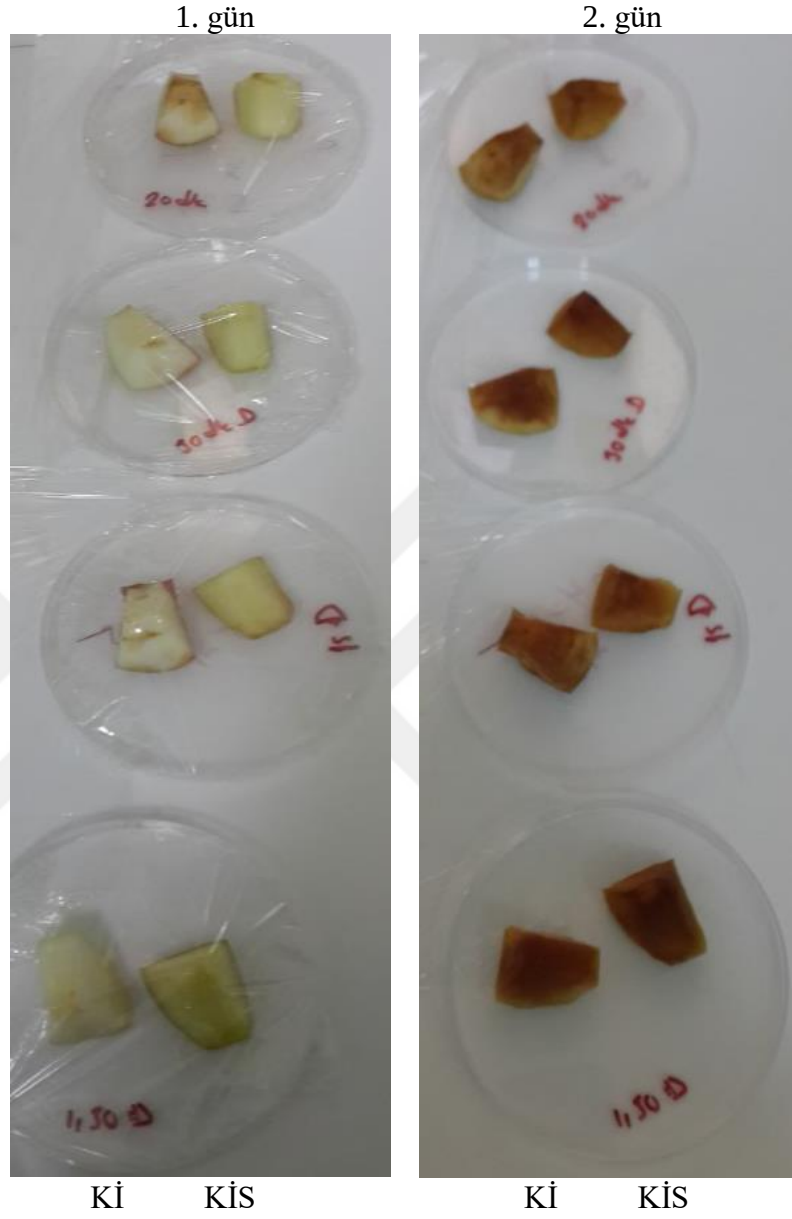
Daldırma süresi

Daldırma
(20 dak bekletme)

30 dak sonra ikinci daldırma
(10 dak bekletme)

60 dak sonra ikinci daldırma
(10 dak bekletme)

90 dak sonra ikinci daldırma
(10 dak bekletme)



Şekil 4.9. İkinci daldırma işleminin etkisi

4.2.3. Filmlerin kuruma süresinin tespiti

Yenilebilir film ile kaplanmış örneklerin kuruma süresi, elma dilimlerinin nem dengesinin korunmasında ve enzimatik aktivitenin hızlanmasında önemli bir basamak olarak tespit edilmiştir.

Çünkü;

- ✓ Kuruma süresinin kısa tutulması ile dilimlenmiş elmaların nemli kalması sonucu depolamada enzimatik esmerleşme hızlanmıştır. Bu noktada enzimlerin büyük bir kısmı işlevlerini su içerisinde gösterdiğinden, suyun miktarı enzim aktivitesinde etken bir koşuldur (Anonim, 2011a).
- ✓ Kuruma süresinin uzun tutulması ile elma dilimlerinde nem kaybı olmuş ve özellikle çekirdek evlerinin yakın kısımlarında esmerleşme meydana gelmiştir. Burada oluşan hava sirkülasyonu ve sıcaklık esmerleşmeyi tetiklemiştir. Belirtildiği üzere tüm diğer koşullar standardize edildiğinde, reaksiyon ortamının sıcaklığı arttıkça reaksiyon hızı da belli bir noktaya kadar artmaktadır (Anonim, 2011a).

Ayrıca kuruma süresine etki eden faktörlere ilişkin elde edilen bilgiler aşağıdaki gibidir;

1. Film yoğunluğu arttıkça kuruma süresi uzamıştır. Çünkü filmin viskozitesi ısı iletimini azaltmıştır. Viskozitenin artması buharlaştırma işleminin düzeyini genellikle sınırlamaktadır (Gürses, 1986).
2. Elmalara uygulanan ikinci daldırma işlemi kuruma süresini uzatmıştır. Çünkü ürünün ilk kuruma süresinin yanında ayrıca bir ikinci kuruma süresi eklenmiştir.
3. Elma dilimlerinin boyutu ve şekli önemlidir.
4. Kuruma sırasında ortam şartları uygun olmalıdır.

Çalışmada kurutmanın sağlanması amacıyla etüv (30 °C’de) ve oda koşulları (hava akımlı) olmak üzere iki yol denenmiştir. Fakat etüvde kurutma elmalarındaki nem kaybını artırarak elmaların tazeliğini yitirmesine neden olmuştur. Gıdaların kurutulması için kullanılan kurutucular, ürünün özelliklerine uygun olmalı ve kurutma işleminden beklenen özellikleri de sağlayacak nitelikte olmalıdır. Çünkü yüksek sıcaklık gıda maddelerinin niteliklerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Demir, 2010; Güldemir, 2016).

Oda koşullarında dilimlenmiş elmalar için belirlenen sreler; KI ve KIS için 60 dak, SA ve SAS için 120 dak’dır. Bununla birlikte örneklerdeki nem dengesinin sağlanması için, elma dilimleri kurutma sırasında 15 dak’da bir çevrilmiştir.

Ayrıca elma dilimlerinin büyüklüğü ve şeklinin önemli olduğu belirlenmiştir. Çünkü kuruma hızının, parçacıkların yüzey alanıyla doğru, kalınlıklarıyla ters orantılı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kurutulan parçacıklar ne kadar küçükse o kadar yüzey alanı fazla, kalınlığı az olmakta ve böylece kuruma hızı olumlu yönde etkilenmektedir (Er, 2011).

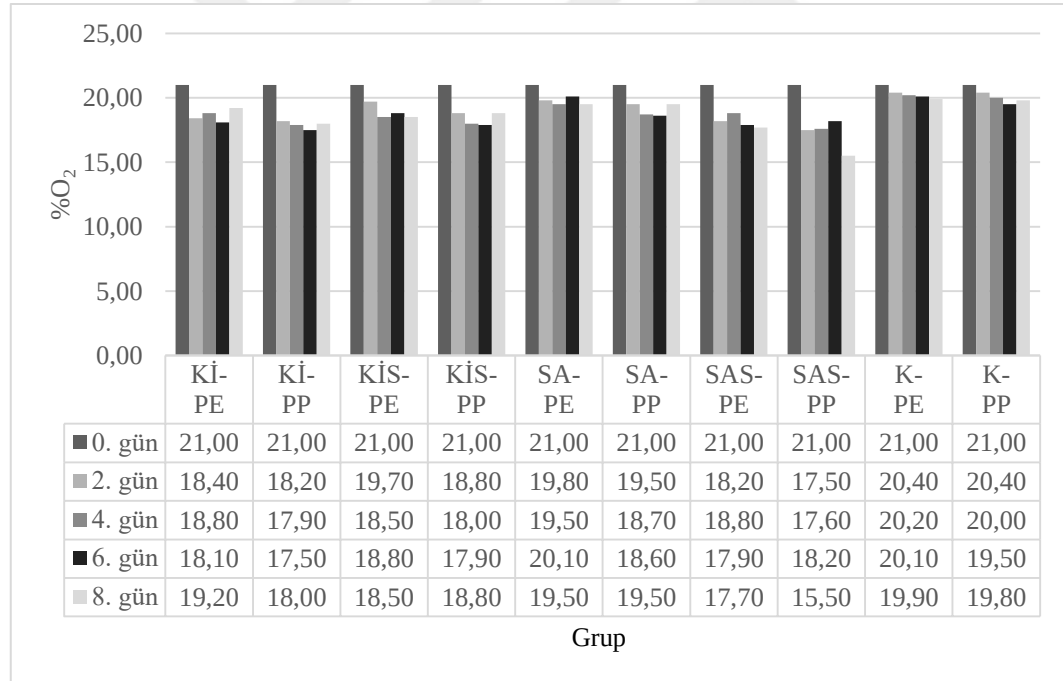
Kurutulan her üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ve/veya depolama sürecinde oluşmaktadır. Esmerleşme enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu oluşabilir. Kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2001; Er., 2011).

Elma dilimi tipi önemli bulunmuştur. Kesilen elmaların u bölgelerinde enzimatik esmerleşme daha fazla grlmştir. Bu durum kesim sonucu o bölgede meydana gelen hücre tahribatının fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Dilimlenmiş meyvelerde parçalanma sonucu açığa çıkan hücre zsuyundaki fenolik maddeler havanın oksijeni ile oksidasyona uğrayarak, polifenoloksidaz enzimlerinin katalize ettiği enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına neden olmaktadır (Erbay ve Demir, 2006). Bununla birlikte kp haline getirilen elma dilimlerinde bu durum görülmemiştir. Ayrıca elma dilimlerinin oluşturulması aşamasında çekirdek evlerinin ve çevresinin uzaklaştırılması önemlidir. Nitekim ekirdek evi ve çevresinde enzimatik esmerleşme daha fazla görülmektedir. Bununla ilgili olarak polifenoloksidaz aktivitesinin, bitkilerin farklı dokularında, onların gelişim sürecine bağlı olarak değişimler gösterdiği bilinmektedir. Vamos-Vigyazo ve ark. (1985), elma ve armut meyvelerinin her tarafında PPO aktivitesine rastlanıldığını ancak tohum ve kabuk bölgelerinde daha yüksek aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir (Yavru, 1997).

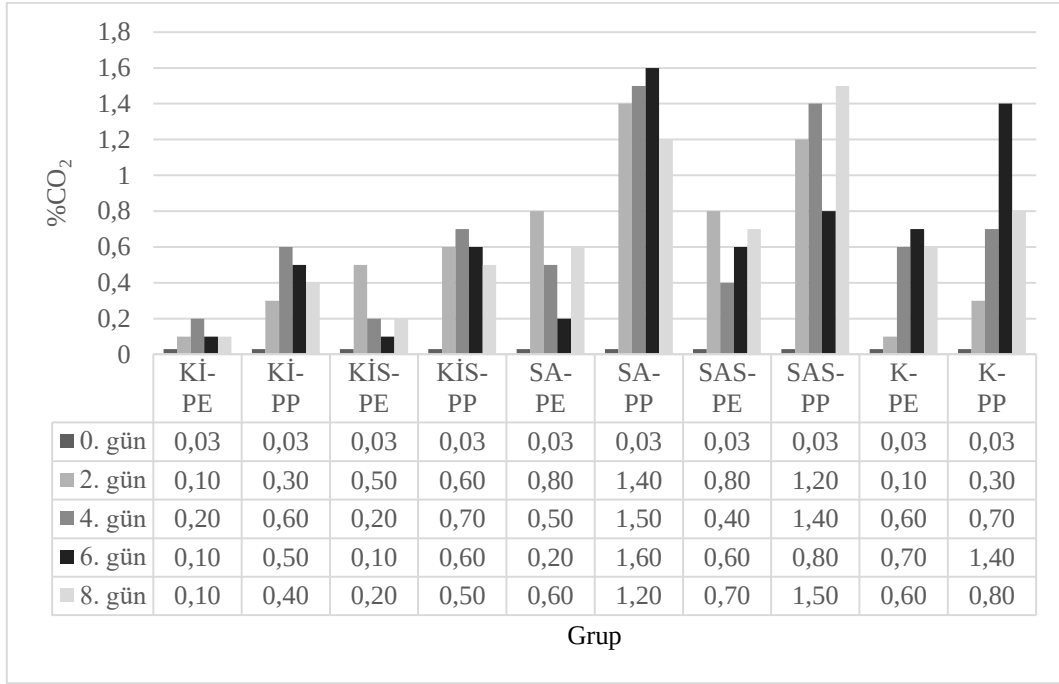
4.2.4. Ambalaj filmi seçimi ve depolanma süresinin belirlenmesi

Bu aşamada belirlenen formülasyonlarda yenilebilir filmler dilimlenmiş elmalara uygulanmış, hazırlanan PE (30 µm) ve PP (30 µm) ambalajlarda depolanmıştır. Bu süre zarfında örneklerin ağırlık ve doku değişimleri ile ambalajlardaki %O₂ ve %CO₂ oranları göz önünde bulundurularak en uygun ambalaj materyali ve depolama süresi tespit edilmiştir. Örnek analizleri 8 günlük depolama periyodunda (+1 °C) 2 günde bir gerçekleştirilmiştir.

Analizler sonucunda PP ile ambalajlanmış olan elmaların PE ile ambalajlanmış elmalara göre ambalaj içi gaz atmosferinin daha fazla modifikasyona uğradığı ve buna bağlı olarak elmaların daha fazla ağırlık kaybettiği belirlenmiştir (Şekil 4.10-12).

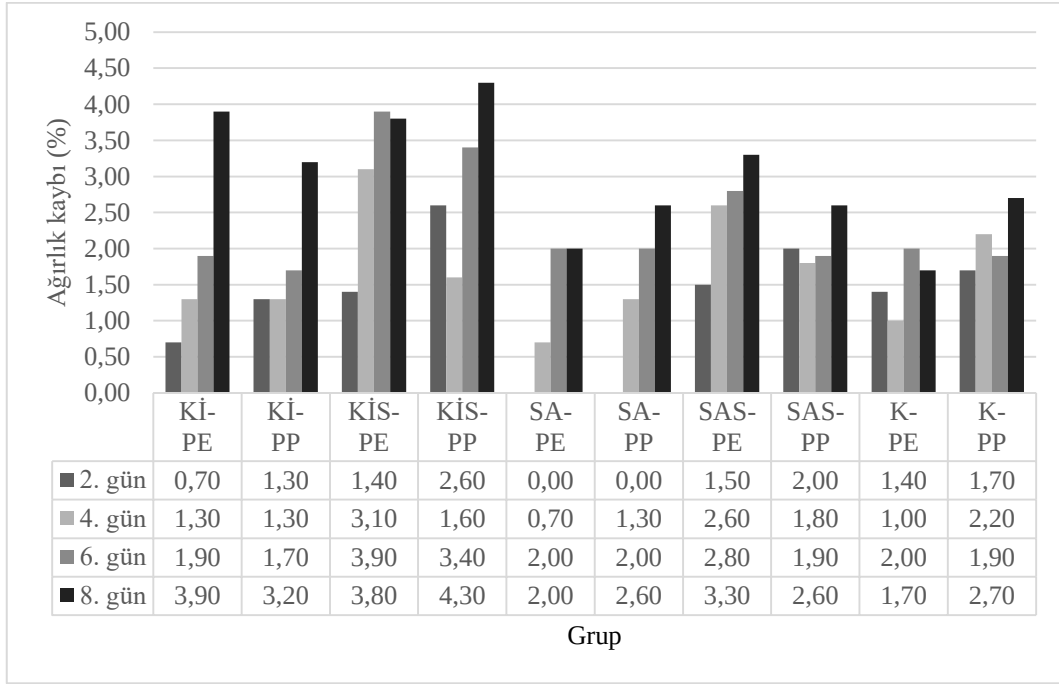


Şekil 4.10. K, Kİ, KİS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) %O₂ değerleri



Şekil 4.11. K, KI, KIS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) %CO₂ değerleri

Yapılan bir çalışmada %1'lik kitosan ile kaplanan dilimlenmiş çilekler yüksek (%80) ve düşük (%5) oksijen içeren modifiye atmosferde paketlenmiştir. Çalışmada %80 oksijen içeren MAP ve kitosan kaplama ile enzimatik kararmanın kontrol altına alındığı, kitosanın mikroorganizma gelişimini inhibe ederek ürünün mikrobiyal raf ömrünü artırdığı bildirilmiştir (Campaniello ve ark., 2008).



Şekil 4.12. K, Kİ, KİS, SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) % ağırlık kaybı değerleri

Ayrıca PP ile ambalajlanmış elmaların doku değeri PE ile ambalajlanmış elmalar ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$) (Çizelge 4.2, 4.3, 4.4). Ancak Saraçoğlu (2007), Amasya elması üzerine yaptığı çalışmada 10 aylık depolama periyodu içerisinde en yüksek sertlik değeri ortalamalarını (Granny Smith çeşidinde 94.95 N ve 93.96 N, Amasya çeşidinde 76.29 N ve 77.38 N) PP (20 ve 30 μ m) filmle ambalajlanan örneklerde, en düşük sertlik değeri ortalamalarını (Granny Smith 71.53 N, Amasya 64.89 N) PE (sırasıyla 30 ve 50 μ m) filmlerle ambalajlanan örneklerde belirlemiştir (Saraçoğlu, 2007).

Çizelge 4.2. K grubunun farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri

Doku değeri (N)					
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)				
	0	2	4	6	8
K PE	2.008±0.0 ^{aA}	1.925±0.2 ^{aA}	1.750±0.0 ^{aA}	2.070±0.3 ^{aA}	1.950±0.1 ^{aA}
K PP	2.000±0.0 ^{aA}	1.923±0.1 ^{aA}	1.815±0.1 ^{aA}	1.960±0.2 ^{aA}	1.750±0.0 ^{aA}

* n=3, ($\pm$ standart sapma), ^{a,b,...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki PE ve PP arasındaki farkları ifade etmektedir.

Çizelge 4.3. Kİ ve KİS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri

Grup	Doku değeri (N)				
	Muhafaza Süresi (Gün)				
	0	2	4	6	8
Kİ PE	1.982±0.0 ^{cA}	1.311±0 ^{bA}	1.025±0.2 ^{abA}	0.904±0.1 ^{abA}	0.680±0.2 ^{aA}
Kİ PP	1.982±0.0 ^{cA}	1.487±0.4 ^{bcA}	1.007±0.2 ^{abA}	0.921±0.0 ^{abA}	0.760±0.1 ^{aA}
KİS PE	1.923±0.2 ^{bA}	0.792±0.2 ^{aA}	1.049±0.5 ^{abA}	1.482±0.1 ^{abA}	0.782±0.1 ^{aA}
KİS PP	1.923±0.2 ^{bA}	0.850±0.0 ^{aA}	1.127±0.0 ^{aA}	1.010±0.3 ^{aA}	0.770±0.0 ^{aA}

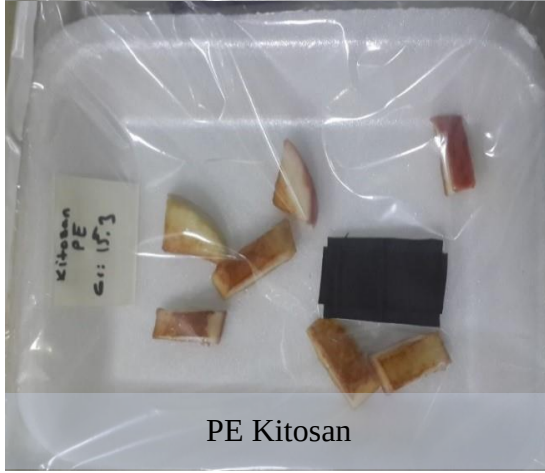
* n=3, (±standart sapma), ^{a,b,...} <0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B} <0.05 sırasıyla aynı sütundaki PE ve PP arasındaki farkları ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. SA ve SAS gruplarının farklı ambalajlardaki (PE, PP) doku değerleri

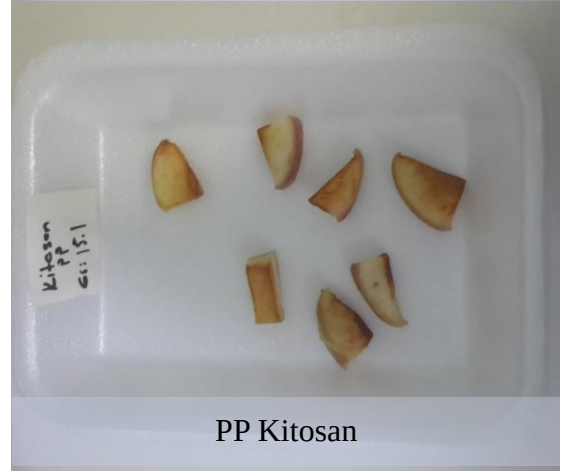
Grup	Doku değeri (N)				
	Muhafaza Süresi (Gün)				
	0	2	4	6	8
SA PE	1.196±0.2 ^{bA}	0.404±0.2 ^{aA}	0.262±0.5 ^{aA}	0.228±0.1 ^{aA}	0.221±0.1 ^{aA}
SA PP	1.190±0.2 ^{bA}	0.355±0.0 ^{aA}	0.276±0.0 ^{aA}	0.272±0.3 ^{aA}	0.226±0.0 ^{aA}
SAS PE	1.357±0.1 ^{bA}	0.214±0.1 ^{aA}	0.238±0.0 ^{aA}	0.250±0.0 ^{aA}	0.281±0.0 ^{aA}
SAS PP	1.357±0.1 ^{cA}	0.101±0.1 ^{aA}	0.231±0.2 ^{bA}	0.200±0.2 ^{abA}	0.206±0.2 ^{abA}

*n=3, (±standart sapma), ^{a,b,...} <0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki PE ve PP arasındaki farkları ifade etmektedir.

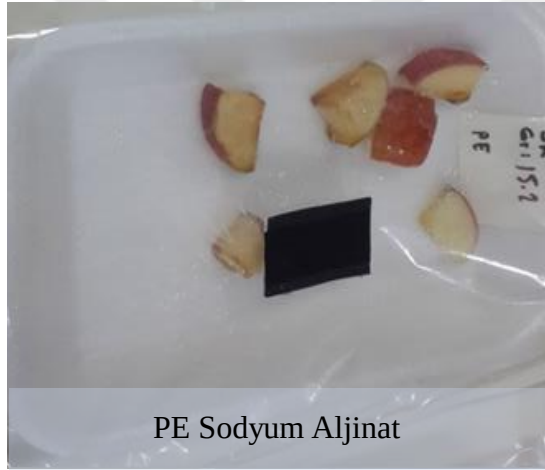
Ön denemelerle belirlenen ambalaj materyalindeki kaplanmış örneklerin raf ömrünün belirlenmesinde taze elma görünümünü yitirmesine neden olan renk ve dokusunda meydana gelen değişimler dikkate alınmış ve 8 günlük depolama periyodu raf ömrü 3 gün olarak belirlenmiştir.



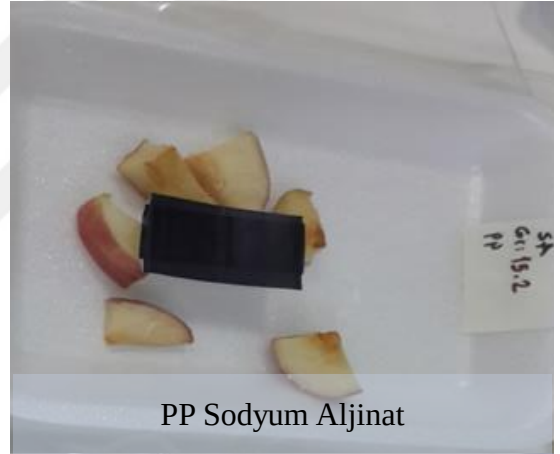
PE Kitosan



PP Kitosan



PE Sodyum Aljinat



PP Sodyum Aljinat

Şekil 4.13. Film kaplı elmaların PP ve PE ambalajlarındaki 3. gün görüntüsü

Tüm örnek gruplarında PP bazlı ambalaj materyalinin solunumu, PE'e göre baskılaması nedeniyle çalışmanın bundan sonraki kısmına PP ambalaj materyali ile devam edilmiş ve örneklerin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir (Şekil 4.13).

Çalışmada ön denemelerle belirlenen üretim ve çalışma koşulları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kİ ve KİS için ön denemelerde belirlenen üretim ve çalışma koşulları

Kitosan film formülasyonu	Elmaların filme daldırılma süresi	Kurutma süresi	Ambalajlama materyali	Depolama sıcaklığı/süresi
%0.75 Kitosan %1 Asetik asit %1.5 Gliserol %2 Askorbik asit Stevia içeren film için %2.5 stevia ekstraktı	30 dak	60 dak	Polipropilen	+1±1 °C/3 gün

Çizelge 4.6. SA ve SAS için ön denemelerde belirlenen üretim ve çalışma koşulları

Sodyum aljinat film formülasyonu	Elmaların filme daldırılma süresi	Kurutma süresi	Ambalajlama materyali	Depolama sıcaklığı/süresi
%1.25 Sodyum aljinat %10 Gliserol %2 Askorbik asit Stevia içeren film için %2.5 stevia ekstraktı	30 dak	120 dak	Polipropilen	+1±1 °C/3 gün

Solunum hızı

Bir ürünün solunum hızı, birim ağırlığın birim zaman içinde solunum sonucu ürettiği CO₂ veya solunumda kullandığı O₂'in miktarıdır. Bu nedenle solunum hızı ile ürünün metabolizma hızı anlaşılabilir (Batu ve Demirdöven, 2010). Meyve ve sebzelerin solunum hızları ile raf ömürleri arasındaki ilişki esas alındığında, bir ürünün solunum hızı ne kadar yüksekse depolanma ömrü de o kadar kısalmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2001). Bununla birlikte yenilebilir kaplamalar oksijen, karbondioksit, nem ve katı maddelerin hareketine karşı yarı geçirgen bir yapı sağlayarak, solunum hızını, su kaybını ve oksidatif reaksiyonları azaltmaktadır (Baldwin ve ark., 1995; Perez-Gago ve ark., 2010; Öz ve Süfer, 2012).

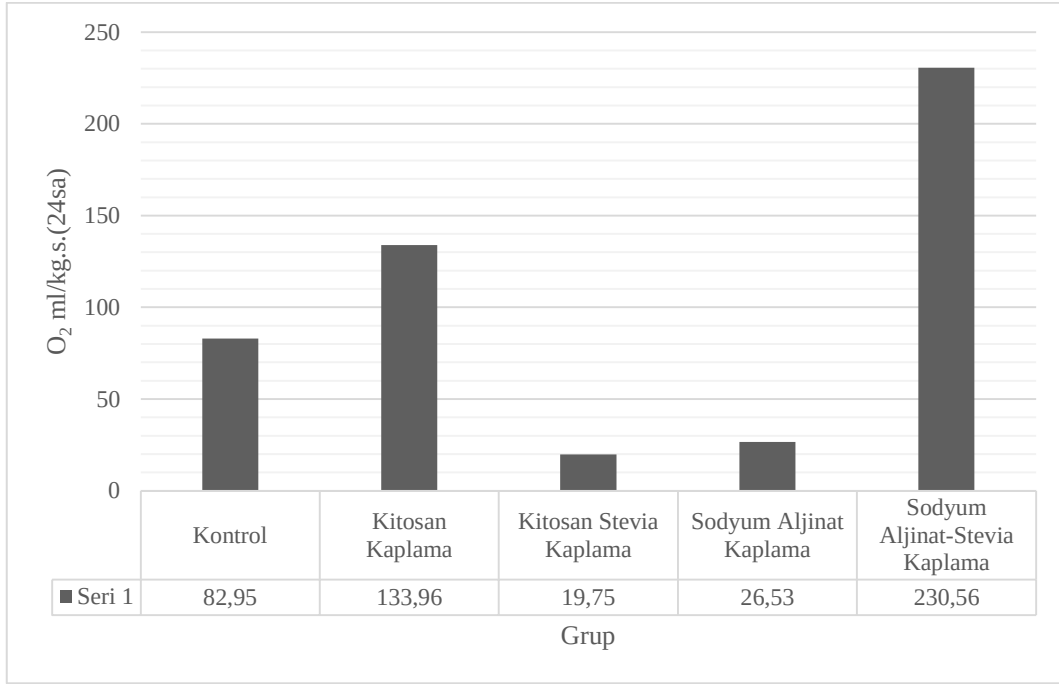
K, Kİ, KİS, SA ve SAS kaplı Amasya çeşidi elma dilimlerinin 24 saat sonunda tükettikleri O₂ cinsinden hesaplanan solunum hızlarına ait bulgular Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

+1 °C'de depolanan kavanozlardaki gaz ölçümlerinde belirlenen oksijen tüketimi; kontrol, kitosan ve kitosan+stevia kaplamalar içerisinde en fazla kitosan kaplı elma dilimlerinde görülmüş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

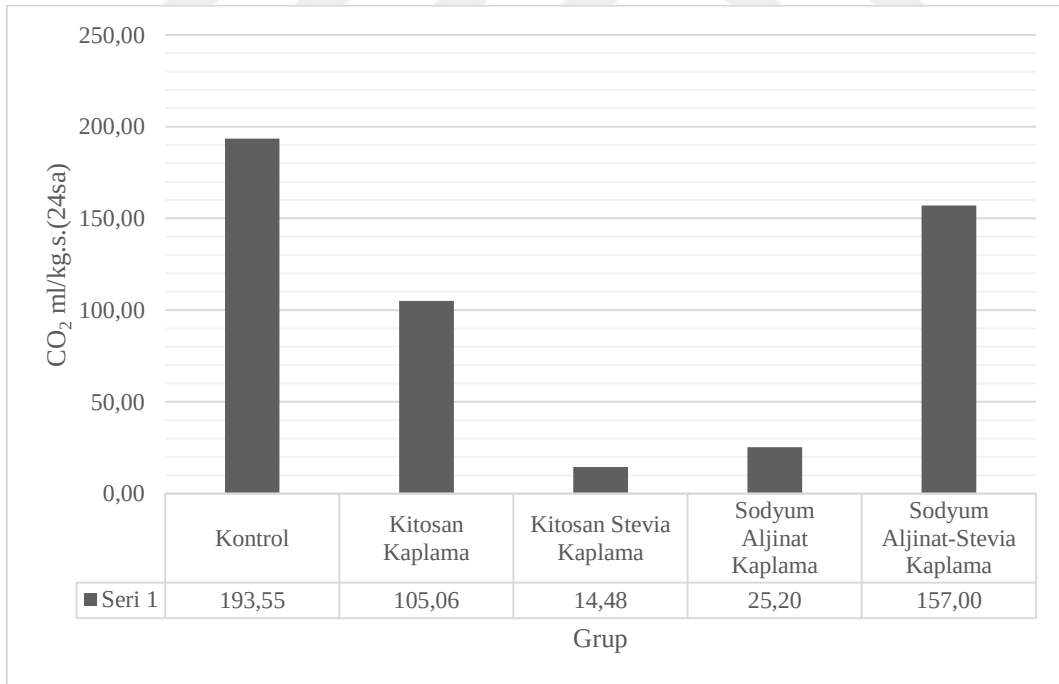
K, Kİ ve KİS gruplarından en az oksijen tüketim değeri 19.75 ml/kg.s(24sa) ile KİS grubunda görülmüştür. Bu üç grup oksijen tüketim hızlarına göre küçükten büyüğe göre sıralandığında KİS<K<Kİ şeklinde olmaktadır. Kitosan grubunun kontrol grubundan fazla oksijen tüketmesi ve kitosan+stevia grubunun kontrol grubundan daha az oksijen tüketmesi, kitosan film bileşenine katılan stevianın solunumu sınırlandırmada önemli derecede etkili olduğunu göstermektedir.

+1 °C’de depolanan kavanozlardaki gaz ölçümlerinde belirlenen oksijen tüketimi K, SA ve SAS kaplamalar içerisinde en fazla SAS kaplı elma dilimlerinde görülmüş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Ayrıca K, SA ve SAS gruplarından en düşük oksijen tüketim değerini 26.53 ml/kg.s.(24sa) ile SA grubu vermiştir. Bu üç grup oksijen tüketim hızlarına göre küçükten büyüğe göre sıralandığında SA<K<SAS şeklinde olmaktadır. SAS grubunun kontrol grubundan fazla oksijen tüketmesi ve SA grubunun kontrol grubundan daha az oksijen tüketmesi, sodyum aljinat film bileşenine katılan stevianın oksijen tüketiminde önemli derecede etkili olduğunu göstermektedir.

Analiz sonucu elde edilen oksijen tüketim hızı değerleri, K, Kİ, KİS, SA ve SAS için sırasıyla 82.95, 133.96, 19.75, 26.53 ve 230.56 ml/kg.s.(24sa) olarak bulgulanmıştır ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Tüm gruplardan en yüksek oksijen tüketim hızı SAS grubunda, en düşük oksijen tüketim hızı KİS grubunda belirlenmiştir.



Şekil 4.14. MAP’da K, Kİ, KİS, SA, SAS gruplarının O₂ solunum hızları



Şekil 4.15. MAP’da K, Kİ, KİS, SA, SAS gruplarının CO₂ solunum hızları

K, Kİ, KİS, SA ve SAS kaplı Amasya çeşidi elma dilimlerinin 24 saat sonunda ürettikleri CO₂ cinsinden hesaplanan solunum hızlarına ait bulgular Şekil 4.15’te gösterilmiştir.

+1 °C’de depolanan kavanozlardaki gaz ölçümlerinde belirlenen karbondioksit üretimi; kontrol, kitosan ve kitosan+stevia kaplamalar içerisinde en fazla kontrol grubunda görülmüş olup aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

K, Kİ ve KİS gruplarından en düşük karbondioksit üretim değeri 14.48 ml/kg.s.(24sa) ile KİS grubunda saptanmıştır. Bu üç grubun karbondioksit üretim hızlarına göre küçükten büyüğe göre sıralandığında KİS<Kİ<K şeklinde olmaktadır. CO₂ üretim hızı için ölçülen değerler kontrol, kitosan ve kitosan+stevia için sırasıyla 193.55, 105.06 ve 14.48 ml/kg.s.(24sa) olarak tespit edilmiştir. Bu bulgulara görüldüğü üzere film kaplama CO₂ üretim hızını etkilemiş olup, stevia karbondioksit üretim hızını daha da düşürmüştür.

+1 °C’de depolanan kavanozlardaki gaz ölçümlerinde belirlenen karbondioksit üretimi kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplamalar içerisinde en fazla kontrol grubunda görülmüş olup, aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Şekil 4.15’de görüldüğü üzere K, SA ve SAS gruplarından en düşük karbondioksit üretim değerini 25.20 ml/kg.s.(24sa) ile SA grubu vermiştir. Gruplar karbondioksit üretim hızlarına göre küçükten büyüğe göre sıralandığında SA<SAS<K şeklinde olmaktadır. CO₂ üretim hızı için ölçülen değerler kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia için sırasıyla 193.55, 25.20 ve 157.00 ml/kg.s.(24sa) olarak tespit edilmiştir. Bu bulgulara görüldüğü üzere, film kaplama CO₂ üretim hızını etkilemiş olup stevia, karbondioksit üretim hızını sodyum aljinat kaplamaya göre arttırmıştır.

Analiz sonucu tüm gruplar için elde edilen karbondioksit solunum hızı değerleri küçükten büyüğe sırasıyla, KİS<SA<Kİ<SAS<K şeklindedir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Tüm gruplardan en fazla karbondioksit üretim hızı kontrol grubunda, en düşük karbondioksit üretim hızı kitosan+stevia kaplama grubunda görülmüştür. Ayrıca solunum hızını yavaşlatmada %1.25 sodyum aljinat film kaplama %0.75 kitosan film kaplamadan daha etkilidir. Tüm film kaplamalar solunum hızını kontrol grubuna göre yavaşlatmıştır. Nitekim bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada %0.5 ve %1’lik kitosan uygulanmış sünger kabağı örneklerinin 25 °C’de 10 gün depolanmanın sonunda

solunum oranı; kontrol grubunda $65.43 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$, %0.5 kitosan ile kaplanmış örneklerde $48.66 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ve %1 kitosan ile kaplanmış örneklerde $41.37 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Han ve ark., 2014; Tokatlı, 2016). Chen ve ark. (2016) tarafından *Ficus hirta* meyve ekstraktı içeren ve içermeyen %1.5 SA yenilebilir kaplamalar uygulanan Nanfeng mandalinalarının solunum hızı *Ficus hirta*+SA kaplı örneklerde kontrol grubuna göre çok daha düşük bulunmuştur. Ayrıca Petriccione ve ark. (2015) farklı kiraz türleri (Ferrovia, Lapins ve Della recca) üzerinde yaptığı çalışmasında 24°C 'de depolama koşulunda kitosanla kaplanmış (%0.5 kitosan) olan kirazların solunum hızlarının kontrol grubundan daha düşük olduğunu saptamışlardır.

4.3. Depolama Süresince Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi

Analiz sonuçları kaplamaların aynı anda yapılamamasından dolayı kitosan ve kitosan+stevia, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı örnekler için iki ana başlıkta verilmiş ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.3.1. Kitosan içeren yenilebilir film grubundaki kalite değişimleri

Bu bölümde kitosan ve kitosan+stevia kaplı elma dilimlerine uygulanan fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizi sonuçları değerlendirilmiştir.

Fizikokimyasal analizler

Polifenoloksidaz enzim aktivitesi

Cook (2012), Amerika'da tüketime hazır meyve pazarı üzerine yürütmüş olduğu çalışmasında, dilimlenmiş taze elmanın tüketime hazır karışık meyvelerden sonra en fazla satın alınan meyve olduğu belirtilmiştir. Ancak dilimlenmiş taze elmanın bu şekilde tüketiciye sunulması için üretiminde en önemli sorun olan enzimatik esmerleşmenin engellenmesi gerekmektedir (Özdemir, 2015). Bununla birlikte elma, kayısı ve zeytinde PPO aktivitesinin çok yüksek olduğu, elmalarda yapılan bir çalışmada Amasya çeşidinin

Golden'a göre daha yüksek PPO aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir (Keleş, 1987; Yavru, 1997).

Oksidoredüktaz sınıfının bir üyesi olan PPO enzimi enzimatik esmerleşmeden sorumlu (EC 1.14.18.1), bakır içeren bir metallo enzimdir ve oksijen varlığında iki farklı reaksiyonu katalizleyebilir. Bunlardan ilki, monofenolik bileşiklerin o-difenollere hidroksilasyonu (kresolaz aktivitesi), diğeri ise o-difenollerin o-kinonlara oksidasyonudur (katekolaz aktivitesi). Kresolaz ve katekolaz aktiviteleri sonucu oluşan kinoid maddeler polimerleşerek kahverengi, kırmızı veya siyah pigmentler oluşturmaktadır (Whitaker, 1972; Friedman, 1997; Türkan, 2009).

Enzimatik kararmanın olabilmesi için PPO enzimi, substratı olan fenolik maddeler ve moleküler oksijenin bir arada bulunması gerekmektedir. Bu nedenle bunlardan birinin kaldırılması durumunda enzimatik esmerleşme durdurulabilmekte veya azaltılabilmektedir (Erzengin, 2002). Bu durumda Çizelge 4.7'de görüldüğü üzere kitosan kaplama meyve yüzeyini sararak oksijenle teması azaltmasından dolayı enzim faaliyetini önemli derecede baskılamıştır. Sánchez ve ark. (2015)'da "Rocha" armut dilimleri üzerinde yaptığı çalışmada benzer ifadelere değinmiştir. Aynı şekilde başka bir çalışmada kitosan kaplamalar kendi başına, PPO ve peroksidaz aktivitelerini azaltarak kahverengileşmeyi azaltabilmiştir (Zhang ve Quantick, 1998). Bu etkinin doğrudan meyve içindeki iç gaz atmosferinin modifikasyonu sonucu oluşan düşük O₂ ve yüksek CO₂ oranları ile ilgili olduğu belirtilmiştir (Sánchez ve ark., 2015).

KİS grubunda başlangıç enzim aktivitesi Kİ'ye yakın ancak stevia içeren örneklerde özellikle depolama sonunda enzim aktivitesinde artış görülmüştür ($p \leq 0.05$). Tadhani ve ark. (2007), tarafından stevia yapraklardan elde edilen kuru ekstraktın fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer antioksidan bileşikleri içerdiği bildirilmiştir. Bu nedenle bu artış stevianın içerisinde bulunan polifenoloksidaz enzimin substratı olan fenolik maddelerden kaynaklanabilir. Çalışmada elde edilen toplam fenolik madde miktarına ilişkin bulgular Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. K, Kİ ve KİS gruplarının polifenoloksidaz enzim aktivitesi değerleri

Polifenoloksidaz enzim aktivitesi (420 nm, U/g dak)				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	15288.00±1801 ^{abB}	18408.00±1801 ^{bB}	12480.00±1764 ^{aB}	11856.00±3340 ^{aB}
Kitosan kaplama	205.92±0 ^{aA}	258.96±106 ^{aA}	308.88±119 ^{aA}	205.92±0 ^{aA}
Kitosan+Stevia Kaplama	205.00±0 ^{aA}	742.00±296 ^{bA}	416.25±148 ^{abA}	1293.24±321 ^{cA}

*n=4, (±standart sapma), ^{a,b,...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Hem Kİ hem de KİS grubunun enzim aktiviteleri kontrol grubu ile karşılaştırmasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($p \leq 0.05$). Film kaplama literatürde yer aldığı gibi polifenoloksidaz enzim aktivitesini etkilemiş ve önemli derecede azaltmıştır (Oğuzhan-Yıldız ve Yangılar, 2014). Bu durumda gıda endüstrisinde kitosan filmi ile askorbik asit kombinasyonunun enzimatik esmerleşmeyi önlemede bir alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna varılmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği üzere yenilebilir filmler gıda katkı maddelerinin taşıyıcısı görevini üstlenebilmektedir. Kitosan hem askorbik asidin meyveye hızlı bir şekilde difüze olmasını engellemiş, hem de meyvede bir nevi MAP oluşturarak oksijen geçişini sınırlamıştır. Bu da enzim aktivitesini düşürmüştür. Qi ve ark. (2011) tarafından kesilmiş taze ‘Fuji’ elmalarında esmerleşme önleyici ajanların (%0.5 CaCl₂ ve %2 askorbik asit) kitosan solüsyonuna (%1) katılmasının depolama boyunca enzimatik esmerleşmeyi geciktirdiği bildirilmiştir (Duran, 2013).

Askorbik asit gıda endüstrisinde kullanılan önemli bir antioksidandır. Antioksidanlar; birincil veya zincir kırıcı antioksidanlar ve ikincil veya önleyici antioksidanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Birincil antioksidanlar, peroksil radikalleri ile reaksiyona girerek bunların doymamış lipid molekülleri ile reaksiyona girmesini engeller. İkincil antioksidanlar ise zincir başlatıcı reaksiyonları geciktirir ve etkisi metal iyonlarını bağlama, oksijen yakalama, ultraviyole absorblama ve singlet oksijeni inaktif hale

getirme şeklindedir. İkincil antioksidanlar antioksidan sinerjistleri olarak bildirilmektedir. Bu nedenle tokoferoller (birincil antioksidanlar), fosfolipitler (proton donor), askorbik asit (oksijen yakalayıcı), flavonoidler (birincil antioksidan ve metal şelat) daha güçlü bir koruma sağlamak amacı ile bir araya getirilmektedir (Hudson, 1990; Öztan, 2006). Bununla birlikte bu çalışmada kullanılan askorbik asit, ortamda stevia etkisi ile artan fenolik maddelerin bulunması ile 0. gününde sinerjistik etki göstermiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca stevianın antioksidan ve antimikrobiyal bileşenlere (fenolik bileşikler, C vitamini, karotenoidler ve klorofiller) sahip olduğu, kitosanın ikincil antioksidanlar içerisinde yer aldığı daha önce literatür özeti bölümünde belirtilmiştir.

Depolama süresinin gruplar üzerine etkisine bakıldığında, bu etki K ve Kİ gruplarında kendini göstermezken, KİS grubunda bu değişim belirgindir. 0. gün ve 3. gün verileri K grubu için sırasıyla 152288 ve 11856 U/g dak, Kİ grubu için sırasıyla 205.92 ve 205.92 U/g dak ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$), Ancak KİS grubu için sırasıyla 205 ve 1293.24 U/g dak'dır ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p\leq 0.05$). Ayrıca toplam feneolik madde içeriği ve enzim aktivitesi arasında depolama süresi dikkate alınarak elde edilen veriler karşılaştırıldığında korelasyon bulunmamıştır.

Toplam fenolik madde

Fenolik bileşikler enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalarla kolaylıkla okside olurlar. Fenolik bileşiklerin oksidasyonuna neden olan bu reaksiyonları katalize eden enzimlere genel olarak “polifenoloksidaz enzimler” adı verilir (Cemeroğlu, 2004). PPO'nun etkileştiği substratlar, monohidroksi ve dihidroksifenollerdir. Fenol ve tirozin monohidroksifenollerin, kateşin, kafeik asit, katekol, dihidroksifenilalanin ve klorojenik asit ise dihidroksifenolik substratların başlıcalarıdır. Bunların bitkilerdeki dağılımı farklılık göstermektedir ve dihidroksifenoller daha çok görülmektedir. Elmada başlıca substratların kateşin, klorojenik asit, leukoantosiyanın ve flavanol olduğu saptanmıştır (Yavru, 1997).

Elmanın çeşidi, iklim koşulları, olgunluk derecesi, yetiştiği ortam, gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler, depolama şartları ve hatta ekstraksiyon işlemi gibi birçok değişik

faktör fenolik içeriğine ait sonuçlar üzerinde etkilidir (Güldemir, 2016) (Çizelge 4.8). Elmanın depolanması üzerine yapılan çalışmalarda, elma meyvesinin fitokimyasal içeriğinin depolanma şartlarından çok fazla etkilenmediği belirtilmektedir (Lattanzio ve ark., 2001; Charde ve ark., 2012). Gökşen (2012) yaptığı çalışmada, Van der Sluis ve ark. (2001)'nın araştırma sonuçlarına değinmiştir; buna göre kontrollü atmosfer şartlarında 365 gün boyunca depolanan Jonagold, Golden Delicious, Red Delicious, Elstar ve Cox's Orange cinsi elmaların kuaersetin glikozitleri, floridzin ve antosiyanidin miktarlarında farklılık görülmemiştir. Jonagold elmalarda klorojenik asit ve toplam kateşin miktarlarında çok az düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca Golden Delicious cinsi elmaların sadece toplam kateşin miktarında azalma görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen toplam fenolik madde sonuçlarına ilişkin bulgular Çizelge 4.9'da verilmiştir. Depolama süresi sonunda fenolik madde miktarı tüm gruplarda azalmıştır. Bu azalma K grubunda %4, Kİ grubunda %33, KİS grubunda ise %20 olarak görülmüştür. Bununla birlikte, 0.gün ve 3. gün ölçülen toplam fenolik madde değerleri K, Kİ ve KİS grubu için sırasıyla 846.08 ve 810.33, 2169.5 ve 1445.33, 1786.75 ve 1485.14 GA mg/l olarak tespit edilmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak; K ($p>0.05$), Kİ ($p\leq 0.05$) ve KİS ($p>0.05$) gruplarında 0. ve 3. gün sonuçları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Kontrol grubu Amasya elma dilimi için elde edilen toplam fenolik madde değeri 3 gün depolama içerisinde 762-846.08 GA mg/l arasında değişmektedir. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalardaki değerler Çizelge 4.8'deki gibidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde Kİ, KİS grubu Amasya elma dilimlerinin fenolik madde miktarları kontrol grubuna göre yüksek çıkmıştır. Kİ ve KİS gruplarının 0. gün değerleri arasında farklılık olmasına rağmen, 3. gün sonunda değerler yakın çıkmıştır ($p>0.05$). KİS grubunun 0. gün değeri, Kİ grubunun 0. gün değerinden düşük çıkmıştır. Yapılan bir çalışmada Kİ (%0.25, %0.5 ve %0.75) kaplama uygulamaları yapılarak kayısılar 0 °C ve %80 bağıl nem içeren koşullarda 25 gün süre ile depolanmıştır. Özellikle %0.5 kitosan içeren kaplanmış örneklerin toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesinde önemli düzeyde artış meydana geldiği tespit edilmiştir (Ghasemnezhad ve ark., 2010; Tokatlı, 2016).

Çizelge 4.8. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait toplam fenolik madde değerleri

Örnek (çeşit/ürün)	Miktar	Kaynak
Elma	110-357 mg /100 g	Podsedeck ve ark., 2000; Liu ve ark., 2001b
Elma	296 mg/100 g	Sun ve ark., 2002
Elma (Golden delicious)	97.7 mg GA/100 g	Wolfe ve ark., 2003
Elma (Gala)	118 mg/100 g	Kim ve Lee, 2003
Elma (Red Delicious)	176 mg /100 g	Lotito ve Frei, 2004
Elma (Fuji, Gala, Golden Delicious, Granny Smith, Red Delicious; kabuklu ve kabuksuz)	2.11-3.47 mg GA/g	Wu ve ark., 2004
Elma suyu	3392.1 mg GA/l	Rababah ve ark., 2005
Elma püresi	8117.4 mg GA/l	
Kurutulmuş elma	8574.5 mg GA/l	
Elma (Amasya, Arapkızı, Cooper, Gloster, Golden Delicious, Granny Smith, Rome Beauty ve Starking)	541-1333 mg CE/kg	Karadeniz ve ark., 2005
Elma (İtalyan yerli çeşitleri ve Golden Delicious)	2.21-5.29 mg/g k.a.	Sacchetti ve ark., 2008
Elma suyu (Red delicious)	580 mg/l	Budak, 2010

k.a. (kuru ağırlık)

Çizelge 4.9. K, KI ve KIS gruplarının toplam fenolik madde değerleri

Toplam Fenolik Madde (GA mg/l)				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	846.08±86 ^{aA}	762.00±64 ^{aA}	830.33±47 ^{aA}	810.33±107 ^{aA}
Kitosan Kaplama	2169.50±10 ^{cC}	1610.33±85 ^{abB}	1668.66±84 ^{bB}	1445.33±113 ^{aB}
Kitosan+Stevia Kaplama	1786.75±141 ^{aB}	1724.25±242 ^{aB}	1760.33±163 ^{aB}	1485.14±167 ^{aB}

* n=4, ^{a,b...}≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C}≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Bununla ilgili olarak literatürdeki çalışmaların bazılarında şu sonuçlar ortaya çıkmıştır. 4 °C'de 7 gün depolamadan sonra çilekteki toplam fenolik madde içeriği azalmış, kirazlarda artmış ve yüksek molekül ağırlıklı kitosan ile muamele edilen örnekler için daha belirgin değişimler gözlemlenmiştir (Kerch ve ark., 2011). Kitosan kaplı kiraz meyvelerinin toplam polifenol içeriğindeki değişiklikler gecikmiştir (Petriccione ve ark., 2015a, b). İlimli O₂ ve CO₂ seviyelerinde depolanan film kaplı havuç dilimlerinde toplam fenolik

madde içeriğinin belirgin bir şekilde arttığı bildirilmiştir (Simoes ve ark., 2013). Makro delikli paketlerde depolanan kitosan kaplı havuç dilimi örneklerinin toplam fenolik madde içeriği, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek çıkmıştır (Pushkala ve ark., 2012). Saf oksijenle ön işleme tabi tutulmuş ve %0.03 biberiye özütü içeren kitosan kaplamanın birlikte kullanımı, polifenol içeriğini ve duyuşal özelliklerini korumuştur (Xiao ve ark., 2010). Kitosan uygulanan çileklerin, yüksek fenolik seviyesi ile meyve kalitesini daha iyi koruduğı bildirilmiştir (Wang ve Gao, 2013). Yenilebilir kitosan kaplamalar, depolama sırasında karambola (*Averrhoa carambola L.*) meyvesinde toplam fenolik madde içeriğini korumuştur (Gol ve ark., 2015).

Wolfe ve Liu (2003), dört elma çeşidinden, Idared ve Roe Beauty elma çeşitlerinin kabuklarının en yüksek toplam fenolik madde (sırasıyla, 588.9 ve 500.2 mg GA /100 g) ile en yüksek flavanoid konsantrasyonu (sırasıyla, 303.2 ve 306.1 KE mg/100 g) Idared elma çeşidinin en fazla antosiyanin miktarına sahip 26.8 mg/100 g siyanidin 3 glikozid olduğu ve 312.2 µmol/g C vitamin eşdeğeri antioksidan aktivitesine sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Antioksidan kapasite

Meyve ve sebze çalışmalarında en çok tartışılan özelliklerden bir tanesi de antioksidan kapasitedir. Antioksidan kapasite, C vitamini, tokoferol, karotenoid, flavonoid, antosiyanin gibi çeşitli bileşiklerden kaynaklanmaktadır ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde farklı analiz yöntemleri uygulanmaktadır. Bunların en geçerli ve yaygın kullanılanları ORAC, TEAC ve FCR yöntemleridir. Ayrıca gıdaların antioksidan kapasite açısından karşılaştırılmasında, uygulanan yöntemin dikkate alınması gereklidir (Bakan ve Ekşi, 2009).

Antioksidan kapasite ile ilgili olarak bazı araştırmacılar toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitesi arasında ilişki olduğunu belirtmiştir. Ancak antioksidan kapasite sadece fenolik bileşiklerden kaynaklanmamaktadır ya da tam tersi bazı fenolik bileşiklerin antioksidan özellik gösterdiği bilinmektedir. Bunlar; fenolik asitler, flavonoidler ve fenolik diterpenlerdir. Ayrıca fenolik asitlerden, kafeik asit esterlerinin

(örneğin klorojenik asit) yüksek düzeyde antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Ayrıca Folin-Ciocalteu metodu ile fenolik maddelerin miktarı da kesin olarak belirlenememektedir (Gorinstein ve ark., 2004; Koca ve Karadeniz, 2005; Apaydın, 2008; Çetin, 2012). Bu çalışmada da toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri grafiğe dökülmüş ancak bir korelasyona rastlanılmamıştır.

K, Kİ ve KİS gruplarına ait antioksidan kapasite değerlerindeki değişimler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. K, Kİ ve KİS gruplarının antioksidan kapasite değerleri

Grup	Antioksidan Kapasite ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	9.4154 $\pm$ 0.0 ^{ba}	9.0493 $\pm$ 0.3 ^{ba}	8.9579 $\pm$ 0.6 ^{baA}	5.5587 $\pm$ 0.4 ^{aA}
Kitosan Kaplama	16.3762 $\pm$ 3.2 ^{cb}	11.6329 $\pm$ 4.0 ^{abAB}	9.5914 $\pm$ 1.5 ^{aAB}	8.6673 $\pm$ 2.2 ^{aB}
Kitosan+Stevia Kaplama	16.3767 $\pm$ 1.6 ^{bb}	14.7571 $\pm$ 2.0 ^{abB}	12.9466 $\pm$ 2.1 ^{abB}	12.0230 $\pm$ 1.9 ^{aC}

* n=4, ($\pm$ standart sapma), ^{a,b...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Verilerde görüldüğü üzere kontrol grubu örneklerden elde edilen antioksidan kapasite değerlerinin depolama süresince 5-10 $\mu\text{mol TE/g}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda değerler Çizelge 4.11'de belirtildiği gibidir.

Kİ, KİS ve K grubu elma dilimlerinin depolama boyunca değişimlerine bakıldığında 0. gün ile 3. gün arasındaki antioksidan kapasite değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Depolama sonunda K, Kİ ve KİS grubunun antioksidan kapasite değerlerinde düşüş görülmüştür. Bu düşüş belirtildiği gibi, meyve ve sebzelerin yapılarında doğal olarak bulunan oksidatif enzimlerin (Peroksidaz, PPO, Lipoksigenaz), askorbik asit, karotenoidler ve fenolik bileşikler okside etmesinden dolayı antioksidan aktivitesindeki azalmadan kaynaklanabilmektedir (Altunkaya, 2009)

Çizelge 4.11. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait antioksidan kapasite değerleri

Örnek (çeşit/ürün)	Miktar	Yöntem	Kaynak
Elma (pulp, kabuk, çekirdek)	0.80-3.24 mmol /100 g	FRAP	Guo ve ark., 2003
Elma (Fuji, Gala, Golden Delicious, Granny Smith, Red Delicious; kabuklu ve kabuksuz)	0.05-0.35 µmol TE/g 2.05-42.34 µmol TE/g 22.10-42.75 µmol TE/g	ORAC (lipofilik) ORAC (hidrofilik) Antioksidan kapasite (L-ORAC+H-ORAC)	Wu ve ark., 2004
Elma (Batı Avrupa’da yetiştirilen eski ve yeni 67 çeşit)	36-770.5 µmol/100 g k.a. 10.1-129 µmol/100 g k.a. 13.5-128 µmol/100 g k.a.	ABTS DPPH FRAP	Wojdylo ve ark., 2008
Elma (Golden Delicious)	3.5-4.1 µmol/g 6-8.8 µmol/g 6.5-8.1 µmol/g	FRAP ORAC TEAC	Stracke ve ark., 2009

Ayrıca Kİ ve KİS grubu örnekler K grubuna göre yüksek değerler göstermiştir ve depolama içerisinde aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Film kaplı örneklerin antioksidan kapasitesinin depolama başlangıcından itibaren yüksek olmasının en önemli birincil sebebi film formülasyonuna ilave edilen antioksidan ajandır. İkincil sebebi ise kitosanın bir sekonder antioksidan ajan olmasıdır.

Tokatlı (2016), kitosan ile kaplanmış ve kaplanmamış olarak 4 °C’de depoladığı kirazlarda antioksidan kapasitenin kontrol örneğinde (1.4993 µmol Tr/kg) en düşük olduğunu belirtmiştir ve bu durumu kitosanın sahip olduğu serbest amino gruplarından dolayı yüksek metal bağlama kapasitesine sahip olmasına bağlamıştır. Benzer ifadeler yapılan başka çalışmalarda da mevcuttur (Shahidi ve ark., 1999).

Grupların depolama başlangıç ve depolama sonu değerleri arasındaki düşüş karşılaştırıldığında; K grubu %43, Kİ grubu %43, KİS grubu ise %23 oranında azalmıştır. KİS grubunun antioksidan kapasitesinin düşüşü çok daha yavaş seyretmekle birlikte depolama sonunda en yüksek değeri vermiştir. KİS grubunun antioksidan kapasitesinin yüksek olması stevia içerisinde bulunan fenolik maddeler ve bunun askorbik asit ile birlikte kullanıldığında görülen sinerjik etkisidir. Bununla ilgili olarak armutların antioksidan aktiviteleri üzerine kitosan, kalsiyum klorid ve pullunan kaplamanın etkisinin incelendiği bir araştırmada örnekler 0 °C’de 210 gün süre ile depolanmış ve kaplanan tüm

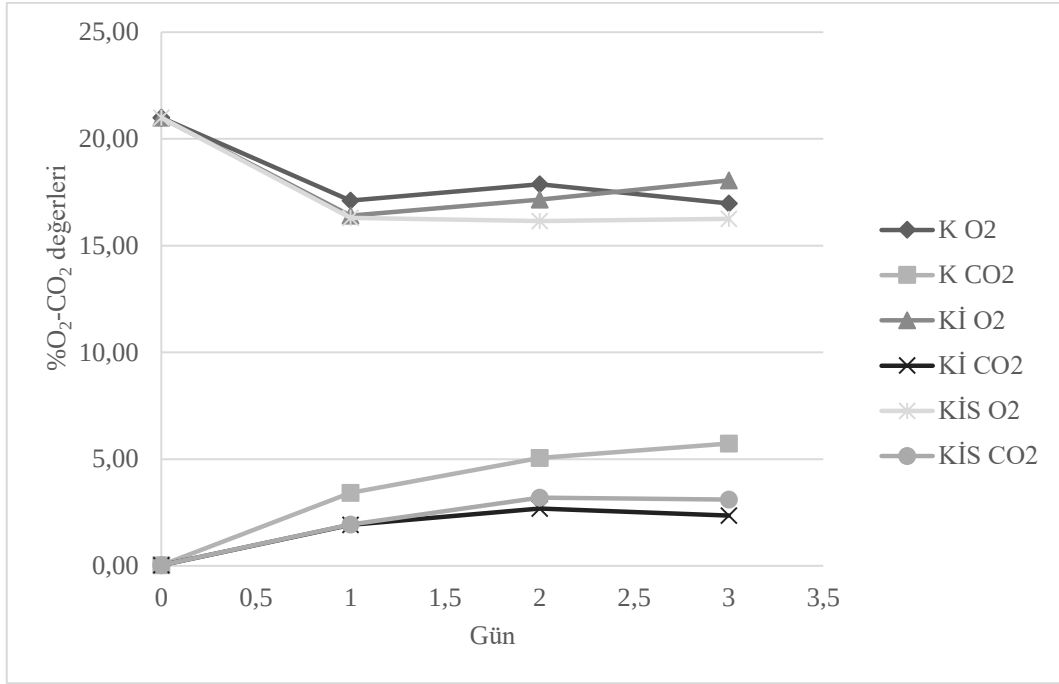
örneklerde antioksidan kapasitelerindeki değişimlerin oldukça yavaş seyrettiği belirtilmiştir (Kou ve ark., 2014; Tokatlı, 2016).

%O₂ ve %CO₂ değerleri

Elma, armut, muz, domates ve bir çok sert çekirdekli meyvelerden bazılarının depolamada bir süre sonra solunumları hızlanmakta ve buna paralel olarak hızlı olgunlaşmaya başlamaktadır. Solunum hızı maksimuma ulaştıktan sonra ise solunum tekrar yavaşlamaktadır. Bu durum “klimakterik” davranış olarak adlandırılmaktadır (Cemeroğlu, 2004).

Paket içerisine yerleştirilen elma, hala aktif olarak solunum yaptığından O₂ konsantrasyonunu azaltmakta ve CO₂ konsantrasyonu artmaktadır. Bununla birlikte ambalajlanan elmanın solunum oranları ile ambalajlama filminin gaz geçirgenlik oranları birbirlerine eşitleninceye kadar devam etmekte ve böylelikle paket içi gaz atmosferi dengeye ulaşmaktadır (Greengrass, 1993). Burada paket içerisindeki CO₂ ve O₂ gazları birbirlerinin fonksiyonlarını etkilememektedir. Bu iki gazın uygun bir bileşiminin hazırlanması durumunda taze ürünlerin raf ömrü uzatılabilmektedir. Her ürünün kendisine özgü tolere edebileceği en düşük O₂ ve en yüksek CO₂ konsantrasyon değerleri mevcuttur. Depolama ortamlarında bulunan O₂ veya CO₂ miktarlarının tolerans sınırlarının altında veya üzerinde olmaları durumunda ise ürün fizyolojik olarak bozulmaktadır (Batu, 2009; Karagöz ve Demirdöven, 2017). Bu nedenle çalışma kapsamında da paket içi gaz kompozisyonlarındaki %O₂ ve %CO₂ oranları değerlendirilmiştir.

Paket içi gaz kompozisyonlarındaki %O₂-CO₂ değişimlerine ilişkin karşılaştırmalar Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.16. K, Kİ, KİS paket içi %O₂-%CO₂ değişimleri

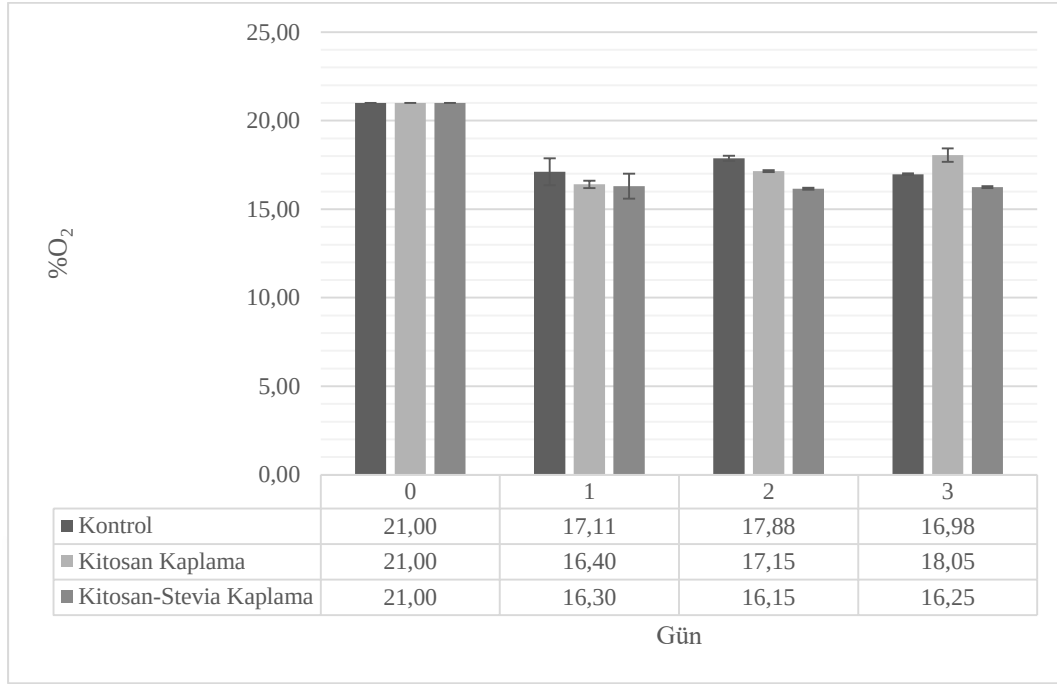
Depolama sonunda oksijen oranları incelendiğinde, K, Kİ ve KİS grubu örneklerin ambalaj içerisindeki oksijen oranlarının net bir şekilde düştüğü görülmektedir ($p \leq 0.05$). Bunun aksi olarak ise paket içi karbondioksit oranları yükselmiştir ($p \leq 0.05$). Bu durum beklenildiği gibi paket içerisindeki elmanın solunumunun bir sonucudur. Tüm gruplarda modifikasyon 0. ile 1. gün arasında başlamıştır. Depolama sonunda ise en yüksek paket içi oksijen seviyesi Kİ kaplamada en düşük paket içi oksijen seviyesi KİS kaplamada belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek karbondioksit üretimi kontrolde, en düşük karbondioksit üretimi kitosan kaplamada saptanmıştır. Buradan kitosan grubunun solunum hızının kontrol grubundan yavaş olduğu ortaya çıkmaktadır. Film kaplama MAP görevi görmüş ve solunumu sınırlandırmıştır. Nitekim, Gardesh ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Golab Kohanz cinsi elmalar %0.2 ve %0.5'lik iki kitosan konsantrasyonu içeren nanokitosan emülsiyonu (100 nm'den az) ile kaplanmış ve meyveler 1 ± 1 °C'de ve %85-90 bağıl nem oranında 9 hafta boyunca depolanmıştır. Depolamanın 45. gününde kontrol grubu ile kaplanmış elmaların solunum hızı arasında anlamlı farklılık olduğu belirtilmiştir ($p \leq 0.05$). Sonuçlarında maksimum CO₂ oranı 45 gün sonrasında kontrol grubu elmaları için 35 ml/kg.h olarak ortaya çıkarken, %0.2 ve %0.5 kitosan konsantrasyonlu kaplanmış örneklerde önemli ölçüde azalmış, sırasıyla 26 ve 17

ml/kg.h'ye ulaşmıştır. El Ghaouth ve ark. (1991) ise yaptıkları bir çalışmada, kitosan ile salatalık ve dolmalık biberi kaplamanın solunum hızını azalttığını saptamışlardır. Ancak bu çalışmada depolama süresince oksijen ve karbondioksit seviyelerindeki meydana gelen artış ve azalışlardan paket içi denge gaz bileşiminin henüz oluşmadığı anlaşılmaktadır. Bunun için belirlenen depolama süresi yeterli gelmemiştir.

K, Kİ ve KİS gruplarının depolama sonu %O₂ oranları sırasıyla 16.98, 18.05, 16.25 ve %CO₂ oranları sırasıyla 5.73 2.35 ve 3.10 olarak bulgulanmıştır.

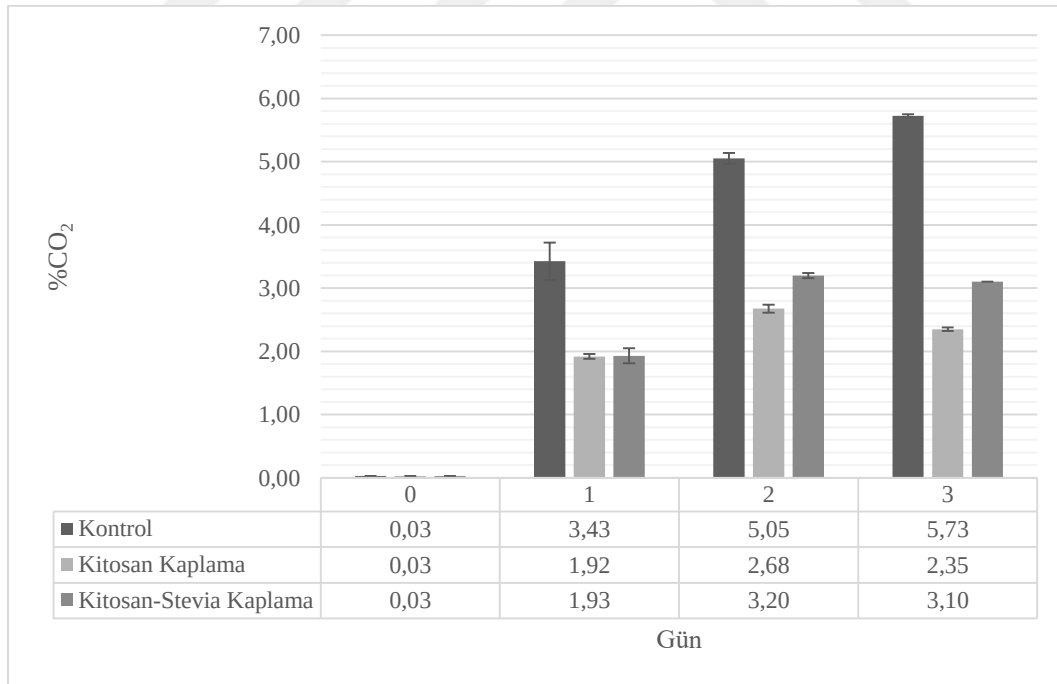
Paket içi gaz kompozisyonlarındaki %O₂ değişimlerine ilişkin bulgular Şekil 4.17'de, %CO₂ değişimlerine ilişkin bulgular Şekil 4.18'de verilmiştir.

Şekilden anlaşılabacağı üzere film kaplama solunum hızını yavaşlatmıştır. Bununla ilgili olarak araştırmacılar (Wong ve ark., 1994; Olivas ve ark., 2007) taze kesilmiş film kaplı meyvelerde solunumun azaldığını gözlemlemişler; bu durumu ambalaj atmosferinde bulunan O₂'in meyve dokusuna difüzyonunun, yenilebilir kaplama tarafından oluşturulan yüksek O₂ direnci ile engellenmesi ve böylece bitki metabolizmasının yavaşlaması olarak açıklamışlardır. Ayrıca kesilmiş taze 'Fuji' elmaların kaplanması kullanılan formülasyonun (%0.5 CaCl₂ ve %2 AA, %1 Kİ) ve 5 °C'de depolanmanın iç solunum oranlarını azalttığı bildirilmiştir (Qi ve ark., 2011).



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.17. K, Kİ ve KİS gruplarının paket içi %O₂ değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.18. K, Kİ ve KİS gruplarının paket içi %CO₂ değerleri

pH değeri ve titrasyon asitliği

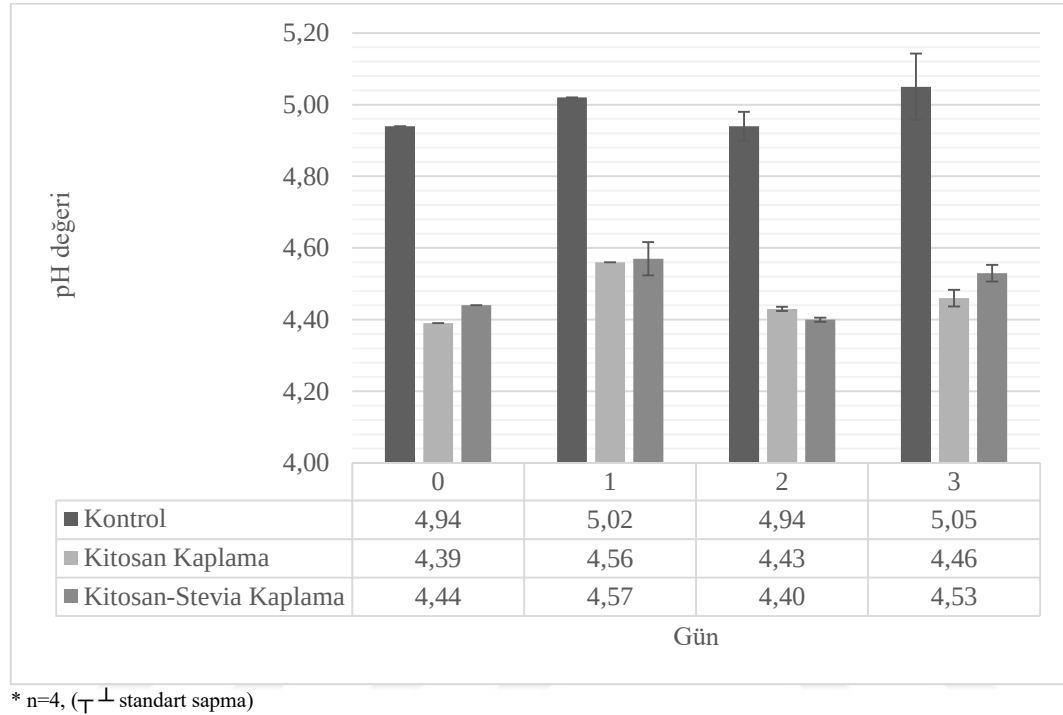
pH terimi, asitlik derecesini veya başka bir ifadeyle asitliğin gücünü tanımlamak için kullanılır. Toplam asitlik ise, asitin zayıf veya kuvvetli olduğuna bakmaksızın toplam asit miktarını gösterir. "Toplam asitlik" ve "pH" birbirleriyle karıştırılmaması gereken, esasta "asitlik" olgusuyla ilgili ve fakat birbirleriyle sadece dolaylı olarak ilgili kavramlardır (Angın ve ark., 2014).

Meyve ve sebzelerde çeşide bağlı olarak değişik cins ve miktarda organik asitler bulunmaktadır. Özellikle meyvelerin çoğunluğunun lezzeti, asit şeker dengesiyle oluşmaktadır. Meyvelerde en çok malik asit , sitrik asit ve üzümelerde tartarik asit bulunmaktadır. Bir çok meyvede hakim olan asit ya sitrik ya da malik asittir. İkinci derecede bulunan asitler ise fenolik asitlerdir. Bununla birlikte meyve ve sebzelerin depolanması sırasında veya çeşitli ürünlere işlenmelerinde asidin çeşit ve miktarlarında değişimler görülebilir. Örneğin meyvelerin işlenmesinde işleme koşullarına bağlı olarak mikrobiyolojik kökenli bazı uçucu asitler oluşabilir (Cemeroğlu, 2004).

Meyveler depolama sırasında solunumlarında şekerlerin yanı sıra organik asitlerden de yararlanabilmektedir ve bu nedenle depolanmış meyvelerde asit miktarında azalma görülebilir (Cemeroğlu, 2004). Ayrıca olgunlaşmış meyvelerdeki titre edilebilir asitlik miktarı, ham meyvelere göre daha düşüktür (Mattheis ve ark., 2001; Öztürk ve ark., 2015). Buna ek olarak meyvede depolama boyunca solunum esnasında organik asitlerin kullanılması nedeniyle pH değeri artmaktadır (Aday, 2011). Nitekim Granny Smith ve Amasya elmasının materyal olarak kullanıldığı bir çalışmada farklı ambalaj materyalleri ve kontrol örneklerinin on aylık depolama süresince pH değerlerinde artışlar meydana geldiği, oluşan bu artışların arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir. Buna ilaveten elmaların titrasyon asitliği değerlerinde azalmalar meydana geldiği, oluşan bu azalmalar arasındaki farklılığın da istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir (Saraçoğlu, 2007).

Tüm bu bilgiler ışığında beklenildiği gibi kontrol, kitosan ve kitosan+stevia gruplarının başlangıç ve depolama sonu pH değerleri karşılaştırıldığında bir artış görülmektedir.

Ancak bu artış istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$). pH değerlerindeki bu yükseliş; K grubunda 4.94'den 5.05'e, Kİ grubunda 4.39'dan 4.46'ya, KİS grubunda 4.44'den 4.53'e şeklinde olmuştur (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. K, Kİ ve KİS gruplarının pH değerleri

Kİ ve KİS ile kaplanmış örneklerin pH değerleri ile kontrol örneği arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p\leq 0.05$). Kitosan kaplı örnek grubunun kontrol grubuna göre pH değeri daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni film pH değerinin düşük olmasıdır. Kİ ve KİS film pH değerleri sırasıyla 3.50 ve 3.58 olarak belirlenmiştir. Bu konuyla ilgili olarak Aday (2008)'in yaptığı çalışmada, kitosan kaplı kirazların 11 gün sonunda pH değerleri kontrol grubuna göre daha düşük belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise Djioua ve ark. (2010), kitosanla kaplanmış dilimli taze mangoların, herhangi bir kaplama yapılmayan örneklerle göre pH üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Duran, 2013). Yine Vargas ve ark. (2006), çileklerde kaplamanın (%1 kitosan+oleik asit) pH değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını, kontrol ve kaplanmış örnek gruplarının pH değerlerinde depolama başlangıcı ve depolama sonundaki (4 °C, 10 gün) değerler arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Kİ ve KİS grupları arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$). Ancak depolama başlangıcı ve depolama sonu ortalama değerleri incelendiğinde KİS grubunun daha yüksek pH değeri gösterdiği bulgulanmıştır. Buna karşın titrasyon asitliğinde de düşme vardır.

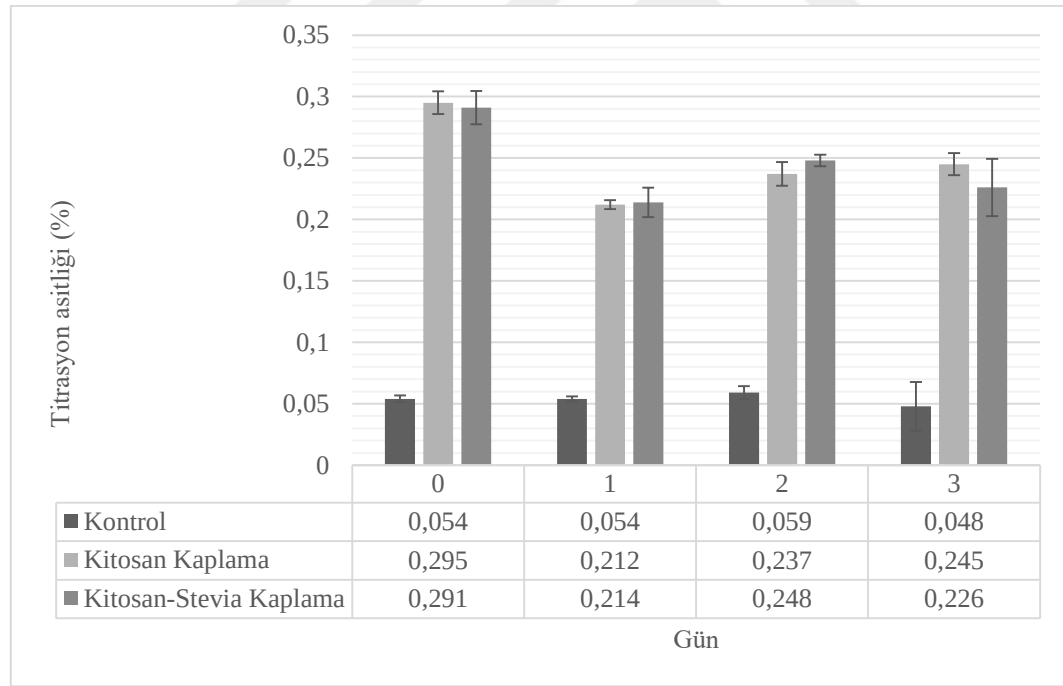
Kitosan ve kitosan+stevia kaplı örneklerin titrasyon asitliği karşılaştırıldığında başlangıç değerleri arasında istatistiki olarak bir fark yoktur ($p>0.05$). Ancak depolama sonunda KİS grubunda bir düşüş görülmektedir. Bu düşüş Şekil 4.18’de gösterilen elde edilen %CO₂ üretim hızı değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Solunum depolama sonunda kitosan+stevia grubunda daha hızlı olmuştur. Solunum sırasında bahsedildiği gibi organik asitler kullanılabilir. KİS grubunda da asitliğin daha fazla düşmesi solunum sırasında organik asitlerin kullanılmasına bağlanmıştır.

Kitosan ile kaplanan Golab Kohanz cv. elma çeşidi üzerine yapılan bir çalışmada, 42 günlük depolamadan sonra kaplanmamış meyve ve kaplanmış meyveler karşılaştırılmış; pH ve titrasyon asitliği değerlerinin önemli derecede değiştiği, pH değerinin arttığı, titrasyon asitliğinin ise azaldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, her iki kaplamanın (%0.2 ve 0.5) pH ve titrasyon asitliği varyasyonları üzerinde bütün süre boyunca benzer bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Titrasyon asitliğinin, depolama sırasında nanokitosan kaplı numunelerde, kontrol meyvelerinkinden biraz daha yavaş düştüğünü ve bu durumun kaplanmış örneklerin solunumunun yavaş olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Çünkü solunum süreci için substratlar olarak organik asitlerin kullanıldığını bu nedenle hasat sonrası depolanma sırasında meyve titrasyon asitliğinin düştüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca kontrol grubu elmaların pH değerlerinde daha fazla değişkenlik göstermesi nedeniyle titrasyon asitliğindeki değişimlerin kaplanmış numunelere kıyasla daha yüksek olmasını beklediklerini ve dolayısıyla da saklama süresinin sonunda, kaplanmış örneklerde titre edilebilir asitlik değerlerinin, kontrol örneklerinin değerlerine göre önemli derecede yüksek çıktığını belirtmişlerdir (Gardesh ve ark., 2016).

Şekil 4.20’de görüldüğü üzere Kİ ve KİS örneklerin titrasyon asitliği değerleri ile kontrol örneği arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p\leq 0.05$).

Kİ %1'lik asetik asit içerisinde çözündürülmesi ve film formülasyonlarının içerisine eklenen askorbik asit bu farklılığı oluşturduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte Kİ ve KİS örnekler arasında istatistiksel bir fark yoktur ($p>0.05$). Yapılan bir çalışmada da %1 ve %1.5 kitosan ile kaplanarak 4 °C'de depolanan çileklerin depolanması süresince titrasyon asitliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (El Ghaouth ve ark., 1991).

Film kaplı örnekler ile kontrol grubu arasındaki titrasyon asitliği değeri farkı ciddi miktarda yüksektir. K, Kİ, KİS gruplarının 0/3. gün titrasyon asitliği değerleri sırasıyla 0.054/0.048, 0.295/0.245, 0.291/0.226 olarak bulunmuştur. Asitlik düşme oranı en fazla film kaplı örneklerde 0 ile 1. gün arasında olmuştur. Bu durum film kaplı örneklerin bugünler arasında solunumun hızlı olması ile ilişkilendirilebilir. Ancak kontrol grubunun asitlik değerinde solunumu film kaplı örneklerden hızlı olmasına karşın değişim gözlenmemiştir.



* n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.20. K, Kİ ve KİS gruplarının titrasyon asitliği (%) değerleri

Tüm grupların titrasyon asitliği ortalama değerlerinde depolama sonunda azalma görülmüştür. Bu durum kontrol grubunda önemli olmayıp ($p>0.05$), Kİ ve KİS gruplarında önemlidir ($p\leq 0.05$). Bununla ilgili olarak Saraçoğlu (2007)'da elmalarda

depolama boyunca pH değerinin aksine titre edilebilir asitliğin düştüğünü ifade etmiştir. Özer (2002), Jonagold elma çeşidinin kontrollü atmosferde (KA) muhafaza imkânının belirlenmesi amacıyla yürüttüğü bir çalışmada, tüm uygulamaların titrasyon asitliği oranlarındaki kayıpların muhafaza süresinin uzamasıyla birlikte arttığını belirtmiştir. Şumnu ve Bayındırlı (1995) yaptığı çalışmada, Amasya elmasının hasattan hemen sonraki malik asit değerini 3.24 g/kg olarak belirlemişler ve hasattan bir hafta sonra ciddi bir azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu durumun, organik asitlerin solunum esnasında substrat olarak tüketilmesinden ileri geldiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca depolama süresince film kaplı örneklerin titrasyon asitliği her gün için değerlendirildiğinde, 0 ile 1. gün arasındaki değerler, diğer günlere nazaran daha yüksek oranda azalma göstermiştir. Ancak kontrol grubunun titrasyon asitliğinde yalnızca 3. günün sonunda azalma görülmüştür. Bu durumun yenilebilir film formülasyonlarında bulunan askorbik asitin degradasyonuna bağlı olarak gerçekleştiği ve farklılığın buna bağlı olarak kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada kaplanmamış ve kaplanmış (%0.5, %1, %1.5 ve %2) papaya örneklerinin tüm gruplarında beş hafta boyunca titrasyon asitliği değeri azalma göstermiştir (Ali ve ark., 2011).

Kuru madde ve suda çözünür kuru madde

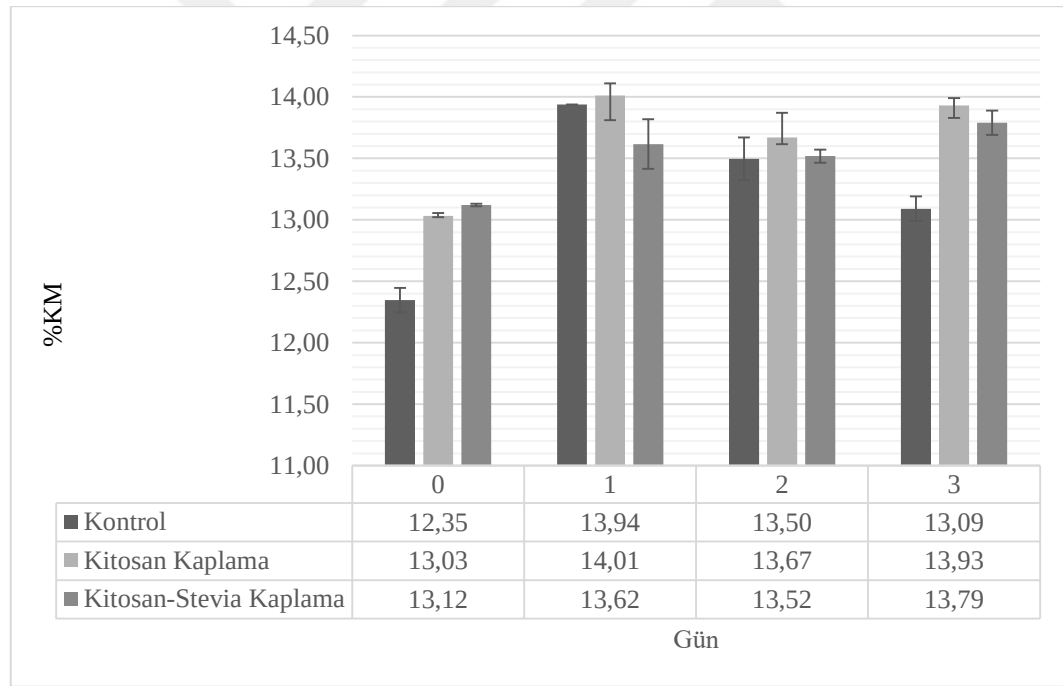
Meyve ve sebzeler ortalama olarak %75-95 su içerir. Depolama sırasında bu suyun bir kısmı terleme ile kaybolur. Genel bir ilke olarak, meyvelerin %4-6 oranında su kaybetmeleri onların buruşup pörsümelerine ve ticari değerinin kaybolmasına neden olmaktadır (Cemeroğlu, 2004). K, Kİ ve KİS grubunda depolama süresi boyunca nem miktarı sırasıyla %0.84, %1 ve %0.8 azalmıştır ve bu değerler %4-6 ticari sınırı altıdadır.

Kitosan grubu örneklere ait kuru madde içeriklerindeki değişimlerine ilişkin bulgular Şekil 4.21’de verilmiştir.

K, Kİ ve KİS grubunun depolama başlangıcı ve depolama sonu KM değerleri sırasıyla 12.35 ve 13.09, 13.03 ve 13.93, 13.12 ve 13.79 olarak bulgulanmıştır ($p \leq 0.05$).

K, Kİ ve KİS gruplarının depolama başlangıç ve depolama sonu değerleri karşılaştırıldığında film kaplı örneklerin KM oranlarının yüksek olduğu görülmektedir ($p \leq 0.05$). Ayrıca KİS grubundaki kuru madde artışı kontrol grubundan düşüktür.

Tüm gruplarda 0 ile 1. gün arası en yüksek kuru madde artışı görülmüştür ve en fazla nem kaybı kontrol grubundadır. Bu durumun nedeni 0 ile 1. gün arası görülen yüksek solunum hızıdır ve daha önce bahsedildiği gibi solunum ile beraber terleme olmakta ve hücreler su kaybetmektedir. Bununla birlikte film kaplanmış elmalarda depolama başlangıcı değerlerine göre solunum yavaş olduğu için daha az nem kaybı olmuştur. Yapılan başka bir çalışma ise bu sonuçları desteklemektedir. Assis ve Pessoa (2004) polisakkarit bazlı yenilebilir kitosan filmle kesik yüzeyleri kaplanan elmalarda 7 günlük depolama süresi sonunda nem kaybının en az düzeyde olduğunu bildirmiştir.



* n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.21. K, Kİ ve KİS gruplarının %KM değerleri

Toplam kuru madde suda çözünmeyen kuru madde ve suda çözünen kuru maddeden (°Briks ya da refraktometre değeri) oluşmaktadır (Anonim, 2016).

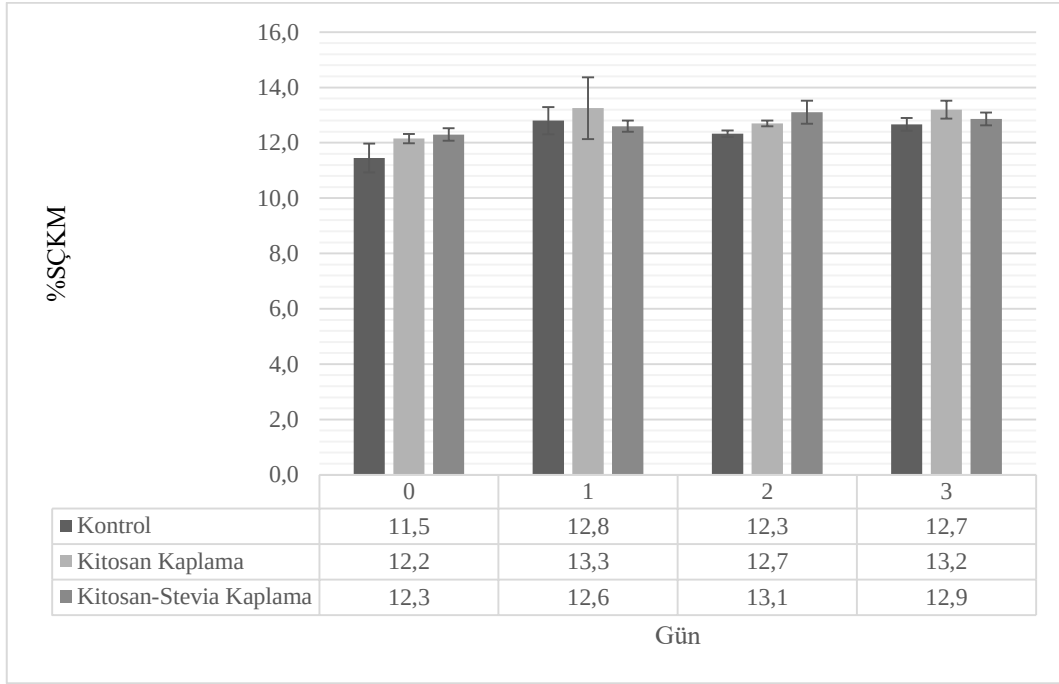
SÇKM hem üretim hem de kalite kontrolde önemli bir ölçüttür. SÇKM miktarı meyvelerde olgunluk ve hasat zamanının belirlenmesinde önemlidir (Anonim, 2016). Elmada olgunlaşma boyunca SÇKM içeriği artarken, daha sonra solunum nedeniyle olgun meyvede azalma göstermektedir (Hernández-Muñoz ve ark., 2008; Duran, 2013). Aynı zamanda elmanın olgunlaşmasında SÇKM değeri, içeriğindeki şekerler nedeniyle meyvenin tadında önemli rol oynamaktadır (Akgündoğdu, 2010).

Gökşen (2012), elmaların SÇKM içeriklerini 13.35 ± 0.09 olarak, Jakopic ve ark., (2007) Fuji elma çeşidinde SÇKM içeriğini %15.6 olarak, Edizer ve Bekar (2007) SÇKM içeriğini %11.127-14.23 olarak bulgulamıştır. Bu sonuçların değişkenliği çeşide ve yetiştiği yerlerin ortam şartlarına göre değişkenlik göstermektedir (Çizelge 4.12). Özellikle güneşlenmenin az olduğu bölgede kuru madde birikimi az olmaktadır (Güldemir, 2016). Bu çalışmada ise kullanılan Amasya elmasının SÇKM değerleri, depolama boyunca kitosan ve kontrol gruplarında %11-13 arasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Çeşitli araştırmalarda elma ve elma ürünlerine ait SÇKM değerleri

Örnek (çeşit/ürün)	%SÇKM	Kaynak
Amasya elması	14.6	Özgen ve Tokbaş, 2007
Fuji elması	16.1	
Fuji elması	15.6	Jakopic ve ark., 2007
Elma (Kızıl Ahmedi, Starking Delicious, Uzun Yumra, Batum, Gelin Elması, Yayla Pınarı)	11.27 -14.23	Edizer ve Bekar, 2007
Amasya (MAP; 30 PP on aylık depolama periyodu)	10.8-13.5	Saraçoğlu, 2007
Demir elma (17 farklı)	10.6 – 13.00	Aygün ve Ülgen, 2009
Elma (32 mahalli çeşidinde)	9.3-16.65	Çorumlu, 2010
Dervişbey ve Şah elması	14	Abacı ve Sevindik, 2014
Mahara elma	10	

Ayrıca kontrol, kitosan ve kitosan+stevia gruplarının elde edilen SÇKM değerleri Şekil 4.22’de verilmiştir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.22. K, Kİ ve KİS gruplarının %SÇKM değerleri

K, Kİ ve KİS gruplarının her üçünde de depolama sonundaki SÇKM değeri ortalamaları artış göstermiştir ($p \leq 0.05$). Nitekim Khalifa ve ark. (2016) elma ve çilek üzerinde yaptıkları çalışmada, depolama başlangıcında elma ve çilek için SÇKM değerlerini sırasıyla %10.56 ve %5.30 olarak tespit etmiş ve depolama süresi sonunda hem kaplanmış, hem kaplanmamış elma ve çilekte SÇKM değerlerinin sırasıyla %13.4 ve %7.5 seviyelerine çıkarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Rivera Lopez ve ark. (2005), depolama sonundaki SÇKM seviyesinde meydana gelen artışların, nişastanın çözünebilir şekere ayrılması ya da hücre duvarı polisakkaritlerinin hidrolize olmasından ileri gelebileceğini belirtmişlerdir (Khalifa ve ark., 2016). Gol ve ark. (2013) kontrol ile kıyaslandığında tüm kaplanmış çileklerin suda çözünür kuru madde içeriğindeki azalmalarda gecikme tespit etmiştir. Buna nispeten K, Kİ ve KİS grubu verilerine bakıldığında kontrol grubu %9.4 kitosan grubu %8.2 ve kitosan+stevia grubu %4.9 SÇKM değerleri de artış göstermiştir. Film kaplı örneklerin SÇKM değerindeki bu yükselişin yavaş seyretmesinin film kaplı örneklerin yavaş solunum yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü solunum hızındaki azalma, meyvelerin olgunlaşma hızını azaltmaktadır. Ancak depolama süreci içerisinde SÇKM miktarlarında dalgalanmalar görülmektedir. Başka bir çalışmada aynı durum gözlenmiştir.

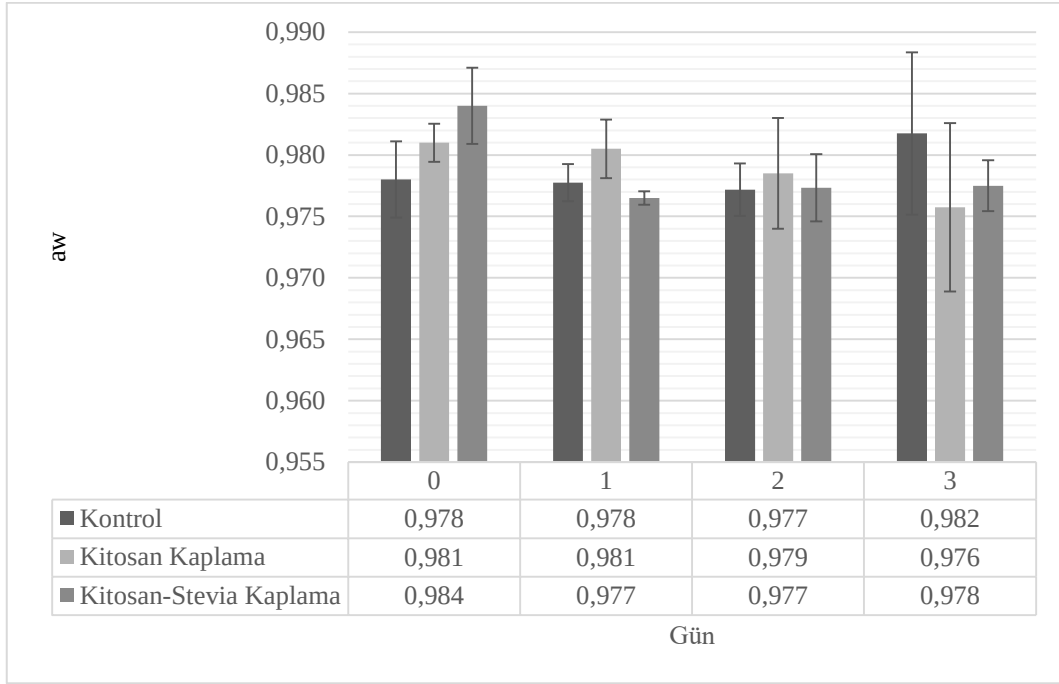
Araştırmacılar kapladıkları meyvelerde depolanma periyodları boyunca SÇKM içeriklerinde dalgalanmaların meydana geldiğini belirtmişlerdir (Yaman ve Bayındırlı, 2002). Bununla birlikte K ve Kİ grubun her ikisinde de en fazla artış 0. ile 1. gün arasında olmuştur.

Depolama başlangıcı ve depolama sonrası grupların kendi aralarında olan ilişkileri değerlendirildiğinde istatistiki olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$). Ghasemnezhad ve ark. (2010) kitosan kaplı kayısılar ile kaplanmamışlar arasında suda çözünür kuru madde içeriği açısından istatistiksel olarak fark bulunmadığını, benzer şekilde Duran (2013) ise depolama sonunda kontrol ve kitosan kaplı örnekler arasında istatistiksel olarak fark olmadığını kitosan kaplı çileklerin depolama sonunda kontrole göre SÇKM değerinde düşüşün az olduğunu belirtmiştir.

Su aktivitesi (aw)

Nem (su) içeriği, gıda içerisindeki toplam su miktarı hakkında bilgi verir. Su aktivitesi ise, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncının gıda içerisindeki suyun buhar basıncına oranıdır. Başka bir deyişle örnekteki nem değerinin havanın bağıl nemi ile dengeye geldiği noktadır (Fontana, 2000; Koç, 2007).

Yenilebilir filmlerin gıdaya uygulanmasında en önemli faktörlerden bir tanesi de nem göçüdür (Anonim, 1997a). Bu nokta da özellikle meyve ve sebzelerin kalitelerinin korunması ve depolama sürelerinin arttırılmasında, kitosanın kullanım potansiyelini ortaya koymaktadır/çıkarmaktadır (Uçan ve Mercimek, 2013). Bu doğrultuda çalışma kapsamında da kitosanın su aktivitesin ile ilgili olan interaksyonları incelenmiştir. Şekil 4.23’de verildiği üzere kontrol, kitosan ve kitosan+stevia kaplı örneklerin 0. gün/3. gün su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.978/0.982, 0.981/0.976 ve 0.984/0.978 olarak tespit edilmiştir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.23. K, Kİ ve KİS gruplarının aw değerleri

K ve KİS gruplarının 0. gün aw değerlerine bakıldığında aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). KİS kaplı örneklerin aw değerleri daha yüksek çıkmıştır. Ancak depolama sonunda, kontrol, Kİ gruplarının aw değerlerindeki değişim istatistiki olarak önemli değildir ($p > 0.05$). Bununla birlikte KİS kaplamalı elma dilimlerinin aw değerlerinde düşme görülmüştür ($p \leq 0.05$). Ayrıca depolama sonunda gruplar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık yoktur ($p > 0.05$). Bununla ilgili olarak çalışmalarda kaplanan örneklerin aw değerleri depolama süresince genellikle kontrol örneğine göre daha yüksek değerler vermiştir. Ancak bu durum kaplama materyalleri ve yöntemine göre de değişmektedir (Çiltepe, 2013). Ayrıca kuru maddenin artışı aw'nin azalmasına neden olduğundan kuru madde değerleriyle de ilişkilidir. Çünkü gıda maddesindeki suyun buhar basıncının değişmesine neden olan her faktör su aktivitesinin de değişmesine neden olmaktadır (Ayhan, 2017). Arief ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmada et örneklerine katılan maddeler aw değerlerinin artmasına neden olurken, Çolak ve ark. (2011)'nin çalışmalarında ise et örneklerine ilave ettikleri materyallerle örneklerin aw değerlerinde hem artış hem de azalış görüldüğü bildirilmiştir (Çiltepe, 2013).

Ağırlık kaybı ve bozulma oranı

Meyve ve sebzelerin ağırlığı hasat sonrası devam eden solunumlarından ötürü ve de kaybettikleri sudan dolayı azalmaktadır. Ürünlerin ağırlığında meydana gelen bu azalmalar muhafaza süresi içerisinde ekonomiye büyük zarar vermektedir. Bu nedenle meyve ve sebzeler için belirlenen muhafaza süresi önemlidir. Ağırlığın azaltılmasında ise yenilebilir filmlerin etkisinden bahseden birçok araştırma vardır. Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada su kaybının azaltılması ve su buharı iletimine direncin artması sayesinde kitosanın gül elmalarının ağırlığını koruduğu bildirilmiştir (Plainsirichai ve ark., 2014). Ayrıca Jiang ve Li (2001)'in %1 ve %2 kitosan ile kaplanmış longan meyvesi (ejderha gözü meyvesi) üzerinde yaptıkları çalışmada ağırlıklarının azaldığı bildirilmiştir. Yine başka bir çalışmada %1.5 ve %2 kitosan kaplı papaya meyvesinde depolama süresince kontrol grubuna kıyasla ağırlıklarının korunduğu belirtilmiştir (Ali ve ark., 2011). Özdemir (2015), elma dilimleri üzerine yaptığı çalışmada, 5 °C'de 14 gün depolama süresi sonunda örneklerin ağırlık kaybı değerini kontrol ve %1 AA, %1 Kİ + %1 AA, %2 Kİ + %2 AA, %1 Kİ + %5 AA uygulamaları için sırasıyla %3.45, %5.38, %1.31, %2.11 ve %2.63 olarak belirtmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda ise bu ağırlık kaybını iki ihtimale bağlamıştır. Bunlardan birincisi; üründeki nemin buhar olarak üründen ayrılmasına dayanan kütle transferi, diğeri ise solunum sırasında hücredeki karbon kaynaklarının tüketilmesinden kaynaklanan ağırlık kaybıdır. Ayrıca depolamanın 3. gününde meydana gelen ağırlık kaybının kitosan ile kaplanmış örneklerde su ve %1 askorbik asit uygulanan örneklerle göre önemli derecede daha yüksek olduğunu bildirmiştir ($p \leq 0.05$). Kitosan ile kaplı örneklerde ağırlık kaybının daha yüksek olmasının sebebi olarak da depolama başlangıcında film kaplamasının meyve yüzeyinde kurumaya devam etmesinden kaynaklandığını bildirmiştir.

Meyve ağırlık kaybı değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Tez kapsamında depolama süresinin 3 gün gibi kısa bir zaman dilimi olması nedeniyle K, Kİ, KİS filmi ile kaplanan elma dilimlerinin ağırlıklarında değişim görülmemiştir. Yani, Kays, (1991) tarafından belirtilen %4-6 olan kritik limitin altında belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. K, Kİ ve KİS gruplarının ağırlık kaybı değerleri

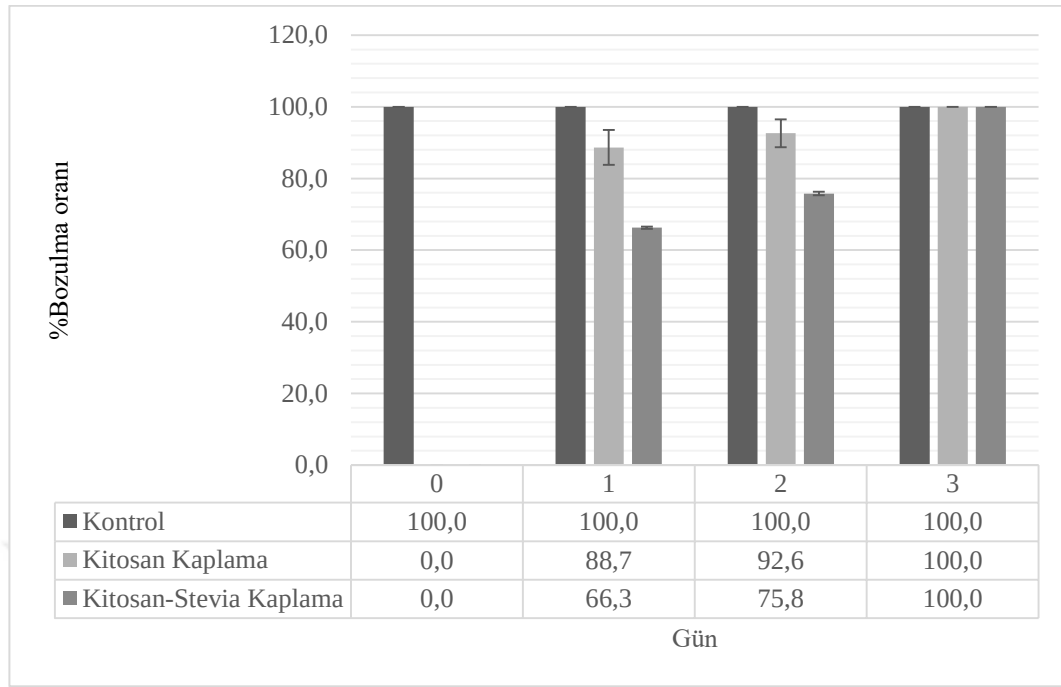
Grup	Ağırlık Kaybı (%)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00
Kitosan Kaplama	0.00	0.00	0.00	0.00
Kitosan+Stevia Kaplama	0.00	0.00	0.00	0.00

*n=2

Kontrol, kitosan ve kitosan+stevia gruplarının %bozulma oranları Şekil 4.24’de verilmiştir. Bozulma oranı tüketici tarafından olumsuz kabul edilebilecek özellikler (esmerleşme, yumuşama vb.) dikkate alınarak yapılmıştır.

Çalışmada K örneği depolama başlangıcında %100 bozulma göstermiştir. Çünkü elma kesildikten çok kısa bir süre sonra meyve eti üzerinde enzimatik esmerleşme meydana gelmiştir. Kİ ve KİS grubu ise ilk gün yaklaşık 6-9 saat yeni kesilmiş taze elma görüntüsü vermiştir. Ancak 24 saat sonrasında polipropilen ambalaj içerisinde büyük miktarda bozulma göstermiştir.

Verilerde görüldüğü üzere 0. gün K, Kİ ve KİS gruplarının bozulma oranı sırasıyla %100, 0, 0’dır. 1 gün sonrasında ise sırasıyla %100, 88.7, 66.3 olarak tespit edilmiştir. Buradan anlaşılabileceği üzere film kaplama bozulmayı azaltmıştır. Kitosan kaplama ve kitosan+stevia kaplama karşılaştırıldığında ise kitosan+stevia kaplama daha fazla bozulmayı azaltmıştır. Daha önce bahsedildiği üzere stevia sahip olduğu antioksidan maddeler sayesinde enzimatik esmerleşmeyi bir nevi engellemiştir.



* n=2, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.24. K, Kİ ve KİS gruplarının %bozulma değerleri

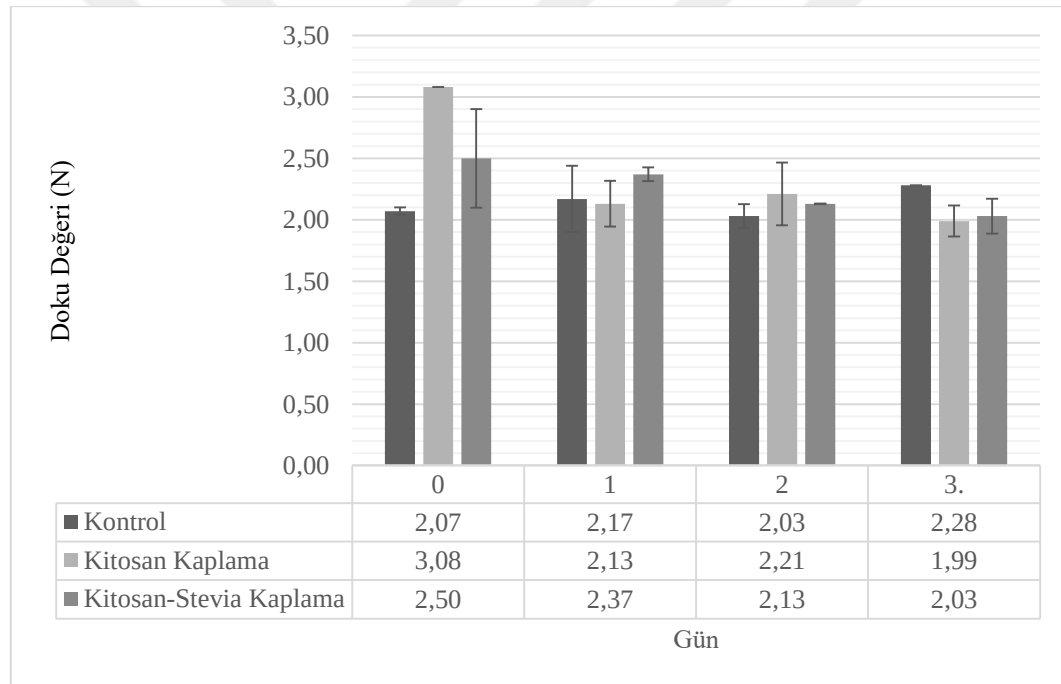
Film kaplamalar, elmaların duyusal kalitesini depolama süresi sonunda olumsuz etkilemiştir. Ancak elmalar saat bazında ve tüm tazeliği ile değerlendirildiğinde (enzimatik esmerleşme dahil) film kaplı örneklerin yaklaşık 6-9 saat dayanabildiği görülmektedir. Bu süre her ne kadar marketler için kısa raf ömrü olarak değerlendirilse de; otel mutfakları, catering firmaları ve organizasyon şirketleri için gün boyunca ürün tazeliğini korumada yardımcı olabilecek bir alternatif olarak düşünülmektedir. Ayrıca tez kapsamında çalışılan yenilebilir filmler, raf ömrünün uzatılmasına yönelik çalışmalarla marketlere girebilecek potansiyele sahiptir.

Doku değeri

Doku hasarı, uzun süreli depolama sırasında meyve ve sebzelerde meydana gelen en belirgin değişimdir ve bu değişim metabolik olaylar ve su içeriği ile ilişkilidir (García ve ark., 1998). Ponting ve ark. (1971), taze elmalarda gözlenen yumuşamanın, asit hidrolizi sürecinden geçen pektik asitten kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca solunumun hızlı olması da sertliği azaltmaktadır (Kartal, 2010). Bununla birlikte ortamdaki oksijen

pektolitik enzimlerin aktivitelerini arttırarak dokuda yumuşamaya neden olmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2001).

Meyve doku değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Şekil 4.25’de verilmiştir. Kİ grubunun meyve doku değerleri her gün için değerlendirilmiş; depolama sonunda meyve doku değerinde düşme tespit edilmiştir ve depolama başlangıcı ile depolama sonu arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Ancak KİS grubu için ortalama değerlerde görülen bu düşüş istatistiki olarak önemli değildir ($p > 0.05$). Ayrıca K grubu meyve doku değeri depolama sonunda istatistiki olarak önemli bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$).



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.25. K, Kİ ve KİS gruplarının doku değerleri

Doku kaybı meyve kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir ve tüketicinin kabul edilebilirliğini güçlü bir şekilde etkiler. Şekilde görüldüğü üzere hem Kİ, hem de KİS kaplama, kaplama sonrasında kontrol grubuna göre meyve sertliğini arttırmıştır ($p \leq 0.05$). Ancak Xiao ve ark. (2011) tarafından kitosan ile kaplanan armutlarda depolama süresince sertlik değerinde önemli bir değişim gözlenmiştir. Bununla birlikte oluşan sertliklerin diğer başka faktörlerden etkilenebileceğini ve sonuçları değerlendirilirken kitosan

kaplama uygulamasının doğranmış taze meyve dokusunu koruduğunu söylemenin doğru olmayacağını belirtmişlerdir. Nitekim elde edilen verilerde sonraki günlere bakıldığında kitosanda görülen 3.08 meyve sertliği değeri ertesi gün 2.13'e düşmüş ve kontrol grubu ile neredeyse aynı değeri vermiştir. Depolama başlangıcında görülen bu yükselişin kitosanın kuruması sonrasında oluşan dirençten kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yine başka bir çalışmada %2 Kİ+%2 AA ve %1 Kİ+%5 AA kaplanmış elmalarda depolama süresince sertlik değeriinde önemli bir değişim gözlenmediği belirtilmiştir (Özdemir, 2015). Papaya üzerine yapılan bir çalışmada kitosan ile kaplamanın sertlik kaybında azalmaya neden olduğunu ve kitosan konsantrasyonunun artmasıyla sertlik değeriinde artma meydana geldiğini bulgulamışlardır (Ali ve ark., 2011). Zhang ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada da kitosan ile kaplanan turunçgillerin sertliğinin olumlu yönde etkilendiği bildirilmiştir. Ayrıca Guava meyvesinde kitosan kaplamanın meyvelerin sertlik ve su kaybının önemli derecede azalttığı ifade edilmiştir (Hong ve ark., 2012). Qi ve ark. (2011) tarafından kitosan kaplamanın yumuşamasının geciktirildiği, sertlik kaybının minimize edildiği belirtilmiştir. Duran (2013), ise en iyi sonucu kitosan kaplanmış çileklerde tespit etmiş, bu durumun kitosanın solunum hızını yavaşlatarak hücre duvarı ve orta lamelin parçalanmasını geciktirmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu çalışmada da görüldüğü üzere kitosan meyve sertlik değeriinde depolama başlangıcında artırmış ancak diğer günlerde kontrol grubuyla aralarında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte Plainsirichai ve ark. (2014) tarafından %2 veya %3 kitosan ile kaplanan Gül elmalarının meyve sertliği arasında anlamlı bir fark olmadığı, meyveyi %1 kitosan ile kaplamanın da meyve sertliğinde önemli bir etki oluşturmadiğı belirtilmiştir.

Renk değişimleri

Meyve eti L^* , a^* , b^* değeri

L parlaklık/aydınlık değeri 0'a yaklaştıkça koyu (siyah), 100'e yaklaştıkça açık (beyaz); a değeri + ise kırmızı, - ise yeşil; b değeri + ise sarı, - ise mavi koordinatlarını göstermektedir (Anonim, 1996).

Kontrol, kitosan ve kitosan+stevia kaplanmış elmaların meyve eti L*, a* ve b* değeri sırasıyla Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28’de verilmiştir.

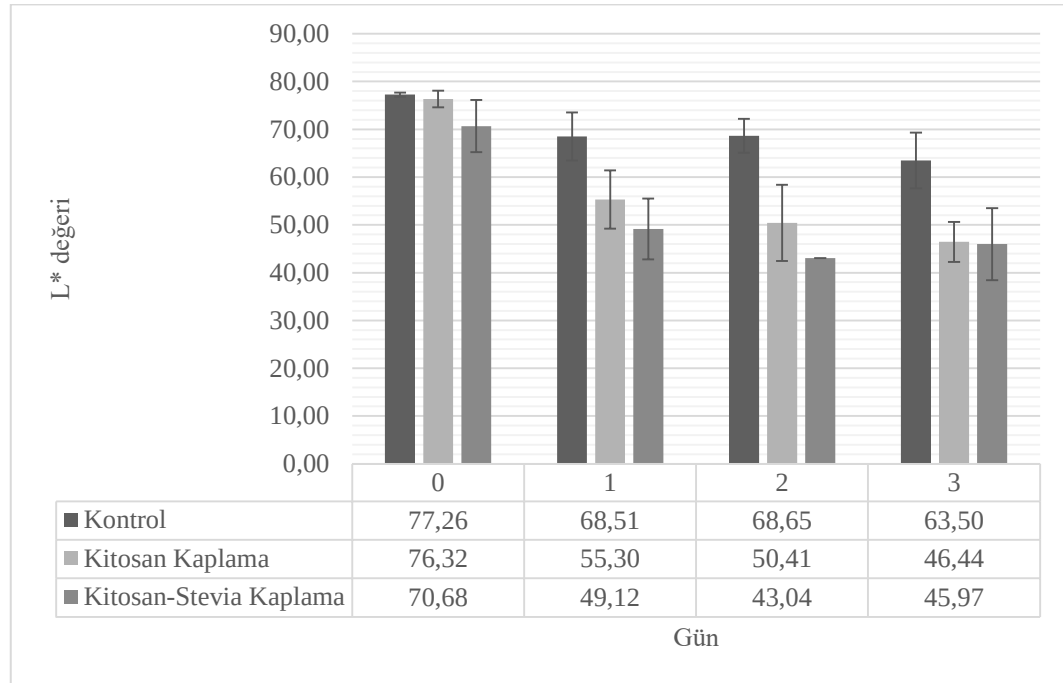
Kesilmiş taze elmaların esmerleşmesi temelde meyve dokusunun parlaklığında azalma (L* değeri) ve aynı zamanda hue açısı değerinde düşüş anlamına gelen a* (kırmızılık) değerlerindeki artış ile belirtilmektedir (Soliva-Fortuny ve ark., 2001). Elma gibi beyaz etli meyvelerde renk bozulması, temelde enzimatik esmerleşmeye bağlıdır. Bu doğrultuda yapılan analizlere göre depolama süresi sonunda K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti L* değerinde düşüş, a* ve b* değerinde ise artış görülmüştür ve meyve eti L*, a* ve b* değerleri depolama süresi sonunda istatistiksel olarak farklılık göstermiştir ($p \leq 0.05$).

Şekillerde görüldüğü üzere K, Kİ ve KİS grupları için 0. gün/3. gün L* değerleri; 77.26/63.5, 76.32/46.44 ve 70.68/45.97, a* değerleri -1.1/4.6, -1.18/14.08 ve -2.81/15.59 ve b* değerleri 16.14/36.78, 15.24/39.39 ve 21.75/36.92 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca her üç grupta da meyve eti L* değerlerinde görülen en önemli azalma ve meyve eti a* ve b* değerlerinde görülen en önemli artış 0. ile 1.gün arasında olmuştur. Bununla birlikte KİS grubunun meyve eti L*, a* ve b* değerlerinin diğer gruplardan farklı çıktığı net bir şekilde görülmektedir. Oluşan bu farklılığın film formülasyonunun L*, a* ve b* değerlerinin farklı olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Şekil 4.26’da depolama başlangıcı en düşük meyve eti L* değeri ortalaması kitosan+stevia grubunda görülmüş olup, K ve KİS arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Ayrıca Kİ ve K grubu depolama başlangıcı L* değerleri benzerdir. Depolama sonu değerlerinde ise kontrol grubunun L* değeri diğer gruplara göre yüksektir ve 0. günden 3. güne film kaplı örneklerin L* değeri ile kontrol grubunun L* değeri arasındaki oransal düşüşün daha yüksek olduğu görülmektedir.

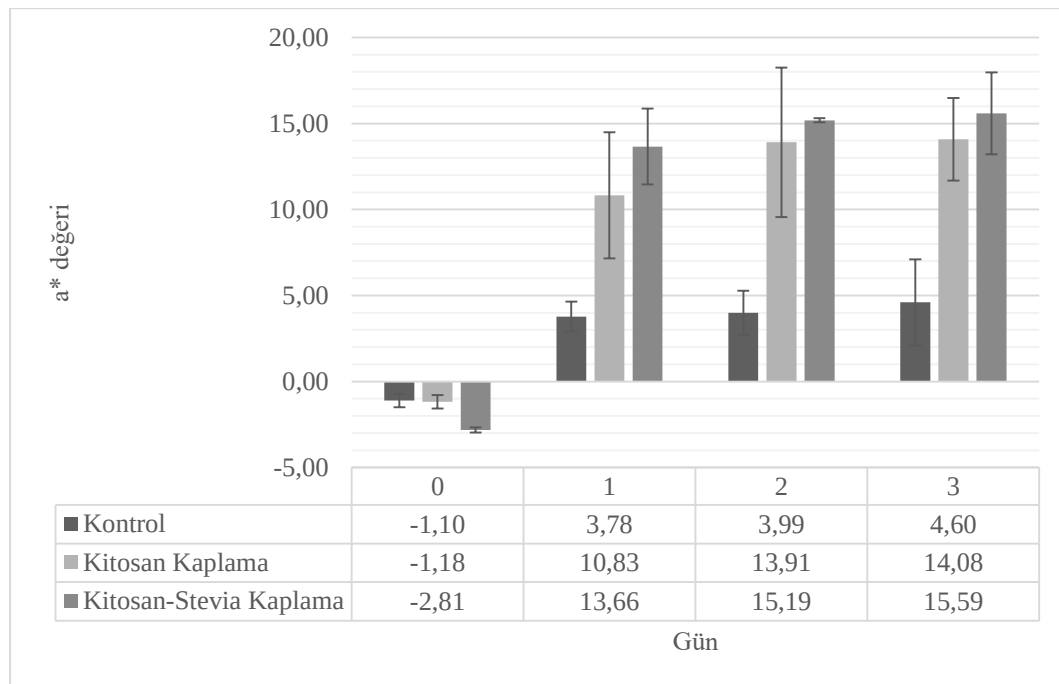
Şekil 4.27’de depolama başlangıcı en düşük meyve eti a* değeri ortalaması kitosan+stevia grubunda görülmüş olup, K ve KİS arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kİ ve K grubu 0. gün meyve eti a* değerleri benzerdir. Depolama sonu değerlerinde ise kontrol grubunun meyve eti a* değeri diğer gruplara göre düşüktür.

Ayrıca 0. günden 3. güne film kaplı örneklerin meyve eti a* değeri ile kontrol grubunun meyve eti a* değeri arasındaki oransal yükselişin daha fazla olduğu görülmektedir.



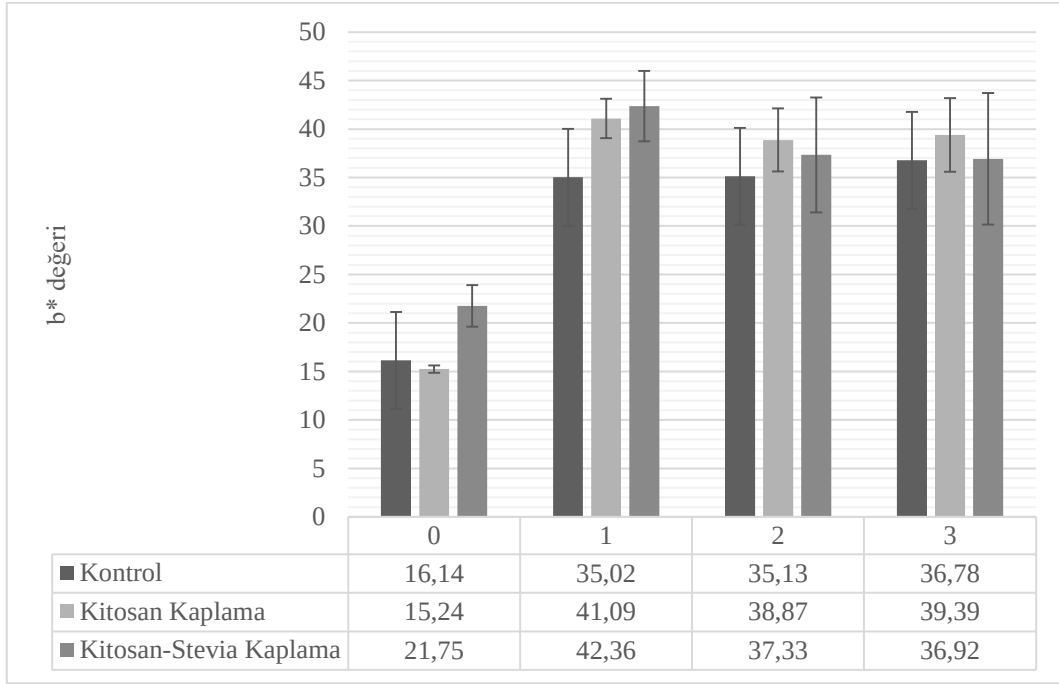
* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.26. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti L* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.27. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti a* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.28. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti b* değerleri

Şekil 4.28’de depolama başlangıcı en yüksek meyve eti b* değeri kitosan+stevia grubunda görülmüş olup, K ve KİS arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kİ ve K grubu 0. gün meyve eti b* değerleri benzerdir. Ayrıca 0. günden 3. güne film kaplı örneklerin meyve eti b* değeri ile kontrol grubunun meyve eti b* değeri arasındaki oransal yükselişin daha fazla olduğu görülmektedir.

Plainsirichai ve ark. (2014) tarafından kitosan uygulamasının meyve rengini iyileştirmediği ve özellikle klimaterik meyve olmayan Gül elmalarında meyve renginin hasat sonrasında sabit kalmasının mümkün olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte kitosan uygulaması solunum ve etilen üretim oranını düşürebileceğinden, renk değişiminde azalma olabilmektedir (Ali ve ark., 2011). Bu sonuç Hernandez-Muñoz ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmaya zıttır, buna göre %1.5 kitosanla kaplanarak 20 °C’de depolanan çileklerde (*Fragaria x ananassa*) geciken renk değişiklikleri bulunmuştur. Bununla birlikte Gül elmalarında kitosan kaplama, L* değerini düşürerek, meyvenin biraz daha koyu olmasına neden olduğu belirtilmiştir. Çalışmada kitosan, depolama süresince meyvenin renk değerini (L*, a* ve b*) etkilememiştir.

Qi ve ark. (2011), elma dilimlerinin depolanması esnasında enzimatik esmerleşme göstermesi nedeniyle, L* değerinde bir azalma ve kolorimetrik a* değerinde bir artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kitosan ile kaplanmış elmaları kontrol numunesi ile karşılaştırdıklarında, 20 °C'de 24 saat boyunca neredeyse sabit L* ve a* değerleri gösterdiğini bulgulamışlardır. 4 °C'de 8 gün depolama sonrası kontrol, %1 kitosan, %2 AA+%0.5 CaCl₂, %2 AA+%0.5 CaCl₂+%1 kitosan kaplı elmaların L* değerlerini sırasıyla 59.78, 68.84, 68.73 ve 70.88 ve a* değerlerini sırasıyla -0.88, -1.94, -2.96, -3.14 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda kitosanın elma parçalarında kahverengileşmeyi engellediğini, askorbik asitin ve sitrik asitin etkili bir şekilde esmerleşme engelleyici etkinliğini artırdığını belirtmişlerdir.

Sánchez ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada depolama sırasındaki tüm kitosan uygulamalarındaki parlaklık değişimlerinin aralarında küçük farklılıklar olmasına rağmen benzer bir eğilim gösterdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, kontrol ve kitosan ile muamele edilen armutlar arasında önemli farklılıklar gözlemlendiği, 72 saatlik depolamadan sonra kontrol örneklerinin canlılığını kaybetmeye başladığı ve kitosan uygulamaları ile doku kahverengileşmesinin önemli derecede geciktiği belirtilmiştir.

Kitosanın çeşitli meyve ve sebzelerin renk parametreleri üzerindeki etkileri farklı yazarlar tarafından araştırılmıştır: Gonzalez-Aguilar ve ark. (2008), kitosan kaplı papaya meyvesinde daha yüksek L* ve b* değerlerini belirtmiştir. Zhang ve Quantick (1997), litchi meyvesi kahverengileşmesini azaltmada kitosan kaplamanın etkisini bildirmiştir. Jiang ve Li (2001), %2 kitosan ile kaplanan longan meyvelerini, 30 günlük depolama sırasında parlak renklerinde kaldığını belirtmiştir. Djioua ve ark. (2010), kesilmiş taze mango renk kalitesi üzerine kitosanın etkilerini incelemiş ve kitosanın renk parametrelerinin kaybını azaltmada faydalı etkisini gördüklerini bildirmiştir (Çetin, 2012).

Yang ve ark. (2015) depolama sırasında bamboo filizi dilimlerindeki enzimatik esmerleşmeyle birlikte a* ve b* değerlerinde bir artış ve L* (parlaklığında) değerinde bir azalış olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tek başına kitosan kaplamanın L* değerindeki düşüşü

geciktirdiği ve 4. günden 6. güne kontrol sürgününe kıyasla belirgin olarak daha yüksek L* değeri verdiği rapor edilmiştir.

Meyve eti ΔE , ΔC , Hue açısı değerleri

L*, a* ve b* değerleri tüketiciler tarafından algılanan renk olguları olmadığı için bu değerler ile insanların renk algısına hitap eden kroma (C) ve hue açısı (α) değerleri hesaplanmaktadır. Kırmızılık ve sarılık değerlerini birlikte ele alan ve metrik renk kroması olarak tanımlanan C değeri, rengin doygunluğunu (yoğunluk) göstermekte ve canlı renklerde yüksek, donuk renklerde düşük görülmektedir. Renk tonu ölçüsü olan hue açısı (α) değeri bir renk dairesi olarak tanımlanmakta ve kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkleri 0°, 90°, 180° ve 270° açılarda konumlanmaktadır (McGuire, 1992; Luo, 2006; İzli ve Polat, 2016). ΔE değeri ise toplam renk değişimini ifade etmektedir.

Meyve eti ΔE , ΔC , hue açısı değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.14, 4.15 ve 4.16’da verilmiştir. Hesaplamalar, kontrol grubunun 0. gün L*, a* ve b* değerleri referans alınarak yapılmıştır.

Çizelge 4.14. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti ΔE değerleri

Meyve Eti ΔE Değerleri				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00±0 ^{aA}	21.64±3 ^{bA}	21.64±6 ^{bA}	25.66±5 ^{bA}
Kitosan Kaplama	1.39±0 ^{aB}	35.52±4 ^{bB}	38.82±4 ^{bB}	41.63±1 ^{bB}
Kitosan+Stevia Kaplama	8.48±0 ^{aC}	41.08±2 ^{bB}	42.45±2 ^{bB}	41.36±2 ^{bB}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti ΔE ve ΔC değerleri incelendiğinde tüm gruplarda artış gözlenmiştir ve depolama başlangıcı ile depolama sonu değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Depolama başlangıcı meyve eti $\Delta E/\Delta C$

değerleri Kİ ve KİS grubu için sırasıyla 1.39/1.21, 8.48/5.67'dir. Tüm grupların depolama sonu ΔE ve ΔC değerlerine bakıldığında ise film kaplı grupların kontrol grubuna göre yüksek değer gösterdiği görülmektedir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). K, Kİ ve KİS grupları için sırasıyla ΔE değerleri 25.66, 41.63, 41.36, sırasıyla ΔC değerleri 21.67, 28.27, 26.71 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresi boyunca en büyük renk değişimi 0. gün ile 1. gün arasında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.15. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti ΔC değerleri

Grup	Meyve Eti ΔC Değerleri			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00 $\pm$ 0 ^{aA}	19.75 $\pm$ 1 ^{bA}	19.91 $\pm$ 5 ^{bA}	21.67 $\pm$ 2 ^{bA}
Kitosan Kaplama	1.21 $\pm$ 0 ^{aB}	28.10 $\pm$ 1 ^{bB}	27.92 $\pm$ 1 ^{bB}	28.27 $\pm$ 1 ^{bB}
Kitosan+Stevia Kaplama	5.67 $\pm$ 0 ^{aC}	30.14 $\pm$ 3 ^{bB}	25.43 $\pm$ 4 ^{bB}	26.71 $\pm$ 5 ^{bB}

* n=4, ($\pm$ standart sapma), ^{a,b...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Kİ ve KİS gruplarının depolama boyunca her gün için meyve eti hue açısı değerlerinde düşüş gözlenmiştir ve depolama başlangıcı ile depolama sonu değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Ancak K grubunda aralarındaki fark istatistiki olarak önemli değildir ($p > 0.05$).

Film kaplı ve kontrol gruplarının hue açısı değerleri arasında depolama başlangıcında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmazken, depolama sonu değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık görülmüştür ($p \leq 0.05$). Film kaplı örneklerin depolama sonu hue açısı kontrol grubuna göre düşük çıkmıştır. K, Kİ ve KİS grubu örneklerinin depolama sonu hue açısı değerleri sırasıyla 83.30, 70.32 ve 67.10'dur. Kİ ve KİS gruplarının 3. gün değerleri arasında ise istatistiki olarak fark yoktur ($p > 0.05$).

Çizelge 4.16. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve eti hue açısı değerleri

Meyve Eti Hue Açısı				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	82.96 ±1 ^{aA}	83.82±1 ^{aA}	83.30±1 ^{aA}	83.30±3 ^{aA}
Kitosan Kaplama	85.56±2 ^{aA}	75.23±4 ^{bB}	70.92±6 ^{bB}	70.32±3 ^{bB}
Kitosan+Stevia Kaplama	82.62±0 ^{aA}	69.93±10 ^{bB}	56.79±0 ^{bC}	67.10±6 ^{bB}

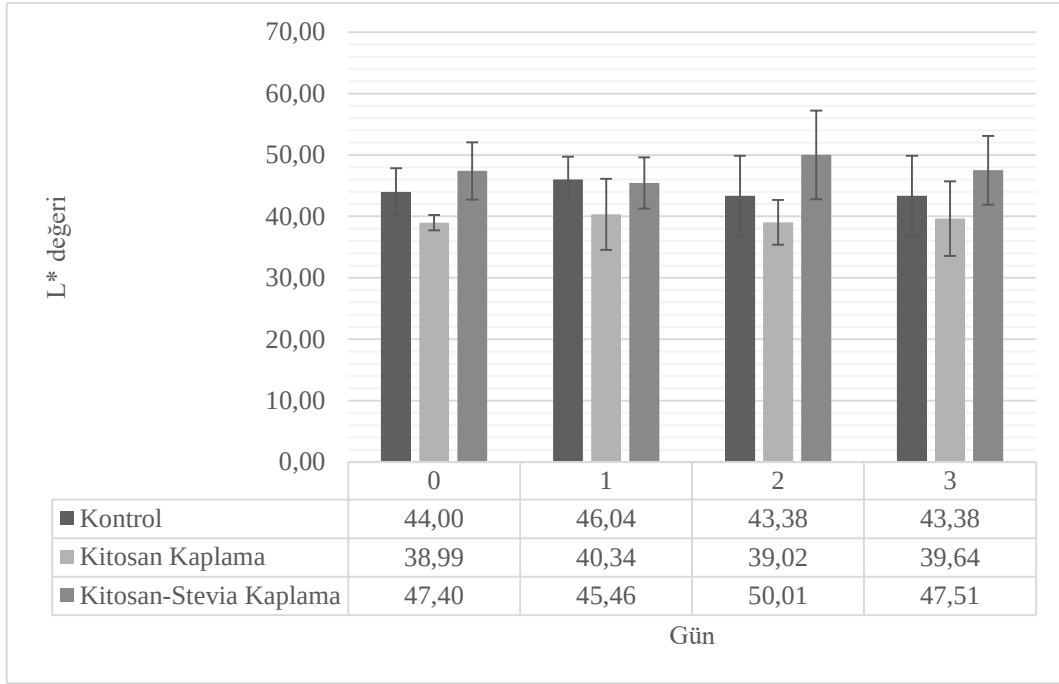
* n=4, (±standart sapma), ^{a,b,...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Sánchez ve ark. (2015), hue açısındaki azalmanın, tüm uygulamalarda benzer bir eğilim gösterdiğini, 10 gün sonra, kontrol ve kitosanla kaplanan armut dilimleri arasında sadece az bir fark gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, tüm saklama periyodu boyunca kontrol ve kaplanmış dilimleri kroma değerleri arasında önemli farklılıklar gözlemlediklerini, esmerleşmenin, kitosan ile muamele edilen armut dilimlerinde daha yavaş ve çok daha az yoğun olduğunu ayrıca farklı kitosan konsantrasyonlarının etkisinin önemli ölçüde farklı olmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çilek, papaya, şeftali, armut, kivi ve mango gibi kesilmiş taze meyvelerde renk korumada kitosanın benzer etkisi gözlemlenmiştir (Du ve ark., 1997; Chien ve ark., 2007; Campaniello ve ark., 2008; Gonzalez-Aguilar ve ark., 2008).

Meyve kabuğu L*, a*, b* değerleri

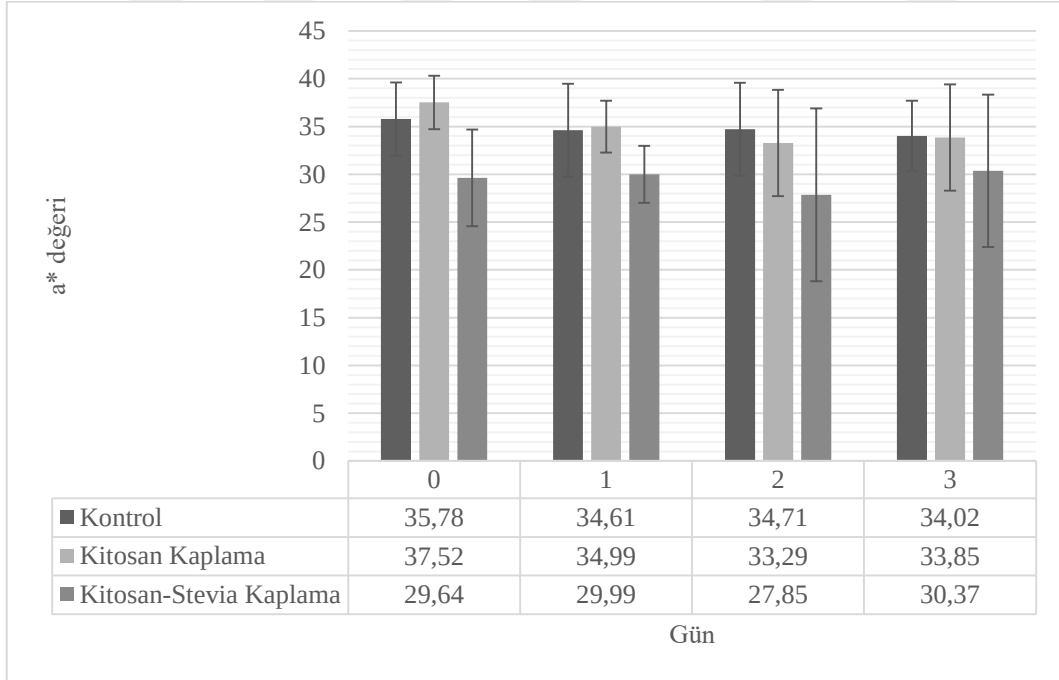
Meyve kabuğu L*, a*, b* değerleri sırasıyla Şekil 4.29, 4.30 ve 4.31’de verilmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi K, Kİ ve KİS grupları depolama boyunca tüm grupların meyve kabuğu L*, a*, b* değerleri düzenli bir değişim göstermemiş ve depolamanın ilk günleri ile son günleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05).



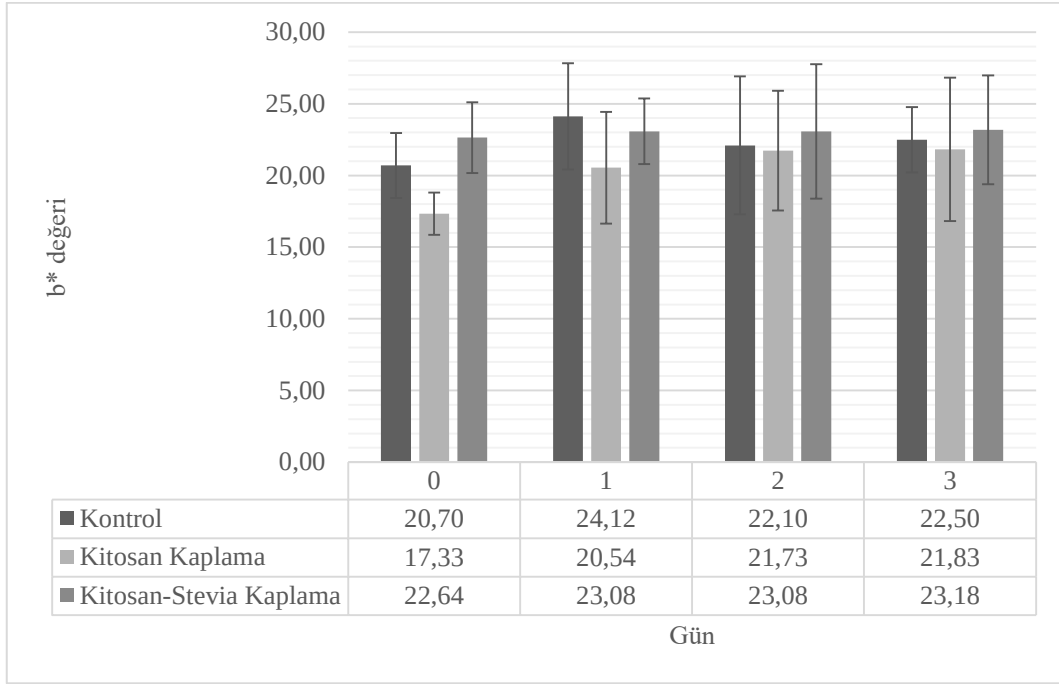
* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.29. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu L* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.30. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu a* değerleri



* n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.31. K, Kİ ve KİS gruplarının meyve kabuğu b* değerleri

Duyusal analiz bulguları

Depolama başlangıcında dilimlenmiş Amasya elmasının kitosan ve kitosan+stevia ile kaplanarak ve kaplanmamış olarak duyusal değerlendirilmesine ilişkin bulgular Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Genel itibariyle tüketici tarafından tadılan Kİ ve KİS kaplı elmalar, film içerisinde bulunan asetik asit ve askorbik asit nedeniyle kontrole göre ekşi bulunmuştur. Bu nedenle tatlılık derecesinin kontrol grubundan düşük olduğu düşünülmektedir. Ekşimsi tat daha belirgindir. Bu nedenle lezzet olarak kontrol grubuna benzemese de ekşi elma sevenler tarafından kabul görmüş ve beğenilmiştir. Bununla birlikte sertlik ve gevreklik yönünden kontrol ile aşağı yukarı benzer olduklarını ifade etmişlerdir. KİS grubu elmalar tüketici tarafından çok fazla kabul görmemiştir. Stevianın otsu kokusunun ve buruk tadının hissedildiğini belirtmişlerdir. Stevia elma aromasını baskılamış ve lezzetini etkilemiştir. Ancak diğer özellikleri ile kitosan grubuna benzediğini ifade etmişlerdir.

Kontrol grubu elmanın, her şeyi ile Amasya elması özelliğinde ve lezzetli olduğunu söylemişlerdir.

Güney Amerika orijinli stevia bitkisinin ekstraktları kalorisiz, doğal bir tatlandırıcı (özellikle de geleneksel içecekleri tatlandırmada) olarak yıllardır Japonya, Çin, Kore ve Brezilya başta olmak üzere birçok ülkede kullanılmaktadır (İnanç ve Çınar, 2009). Ancak tatlılık oranı ile ilgili değerlendirmeler stevia içeren kaplamaların daha tatlı olması düşüncesinden farklı çıkmıştır. Çünkü stevia içerisindeki buruk tat ve ekşi tat tüketicilerin tatlılık yönünden olumsuz değerlendirmesine neden olmuştur. Bununla birlikte en tatlı grup 4.8p ile kontrol grubu seçilmiştir. Stevianın kokusu ve buruk tadı aynı zamanda elma aromasını etkilemiştir. Elma aroması puanları K, Kİ ve KİS grubu için sırasıyla 4.7, 3.8 ve 2.2 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. K, Kİ ve KİS gruplarının depolama başlangıcı duyu analizi değerleri (0-5p üzerinden)

Duyusal Gıda Analizi						
Grup	Tatlılık	Ekşilik	Elma aroması	Gevreklilik	Sertlik	Kabul edilebilirlik
Kontrol	4.8±0.4 ^B	0.4±0.7 ^A	4.7±0.5 ^C	4.1±0.3 ^B	3.3±0.8 ^A	4.8±0.4 ^B
Kİ Kaplama	3.4±0.5 ^A	2.3±1 ^B	3.8±1 ^B	4±0.7 ^A	3.4±0.7 ^A	3.8±1 ^B
KİS Kaplama	3.0±0.7 ^A	2.6±0.9 ^B	2.2±0.5 ^A	3.6±0.7 ^A	3.1±0.7 ^A	1.9±0.8 ^A

*n=9, (±standart sapma), ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Depolamanın diğer günlerinde duyu kalitenin bozulması nedeniyle duyu analizi yapılmamıştır.

Mikrobiyolojik bulgular

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı, toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayımı ve toplam maya küf sayımı (TMK) sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir.

TMAB, TPAB ve TMK sonuçları

TMAB sayısındaki değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.18’de verilmiştir.

K, Kİ ve KİS gruplarının üç gün depolanması ile elde edilen verilerde Kİ ve KİS gruplarının her ikisinde de TMAB tespit edilebilir miktarın (<2 log kob/g) altında bulunmuştur. Kontrol grubunda ise 3. gün TMAB sayısı 3.20 log kob/g olarak bulgulanmıştır. Ayrıca bu değer ön denemelerle belirlediğimiz raf ömrü süresinin (3 gün) mikrobiyolojik kalite yönünden doğru bir süre olduğunu göstermektedir. Bununla ilgili olarak 2011 yılında yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler yönetmeliğinde (Anonim, 2011b) tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzelerde yalnızca *Escherichia coli* miktarından bahsedilmiş ve sınır değer 3 log kob/g olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.18. K, Kİ ve KİS gruplarının TMAB sonuçları (log kob/g)

Grup	TMAB sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	3.20 ± 0.13^{bB}
Kitosan Kaplama	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$
Kitosan+Stevia Kaplama	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$

* n=4, ($\pm$ standart sapma), ^{a,b...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir. <2 tespit edilebilir miktarın altında bulunmuştur.

Çizelgede 3. gün verilerinde görüldüğü üzere kitosan film kaplama TMAB sayısını azaltmıştır. Bununla ilgili olarak Krasaekoopt ve ark. (2008)’da aynı sonuca ulaşmıştır. Araştırmacılar, taze dilimlenmiş kavunları kitosan (%0-2, a/a) içeren metilselüloz çözeltisi ile kaplamış ve depolama süresi sonunda (15 gün, 10 °C’de) kaplanmış örneklerin mezofilik, psikrotrof, laktik asit, toplam koliform bakteri ve maya-küf sayısında azalma tespit etmişlerdir (Taştan ve Baysal, 2013).

Çizelge 4.19. K, Kİ ve KİS gruplarının TPAB sonuçları (log kob/g)

Grup	TPAB sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}
Kitosan Kaplama	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}
Kitosan+Stevia Kaplama	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}

* n=4, (±standart sapma),), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir. <2 tespit edilebilir miktarın altında bulunmuştur.

TPAB sayısındaki değişimlere ilişkin bulgular ise Çizelge 4.19’da verilmiştir. Tüm depolama süresince kontrol ve kitosan ile kaplanmış elma örneklerinde toplam psikrofilik aerobik bakteri sayıları tespit edilebilir miktarın (<2 log kob/g) altında bulunmuştur. Tokatlı (2016)’da iki depolama sıcaklığında depolanan kontrol ve kitosan ile kaplanmış kiraz örneklerinde depolama boyunca TPAB sayılarını tespit edilebilir miktarın (<1 log kob/g) altında bulunduğunu ifade etmiştir.

Meyveler daha çok asitli gıdalar olduklarından dolayı doğal mikroflorasında genel olarak maya ve küfler bulunmaktadır. Çünkü küf ve mayalar pH değeri 5’in altındaki asitli gıdalarda bakterilere nazaran daha hızlı gelişerek bozulmaya neden olmaktadır (Karaman, 2011). Bu çalışmada kullanılan kontrol örneğinin pH değeri 4.94 ile 5.05 arasında, kitosan kaplı elmaların pH değeri 4.39 ile 4.56 arasında ve kitosan+stevia kaplı elmaların pH değeri 4.4 ile 4.57 arasında değişmekte ve bu durum da elde edilen sayım sonuçlarını açıklamaktadır

K, Kİ ve KİS gruplarının TMK sayısındaki değerlere ilişkin bulgular Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelgede görüldüğü üzere K, Kİ ve KİS gruplarının depolama sonunda TMK sayıları artmıştır ve depolama başlangıcı ile depolama sonu arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Gün bazında değerlendirildiğinde KİS grubunda TMK sayısı depolama sonunda tespit edilebilirken, kontrol ve kitosan grubunda 0. günde görülmüştür. K ve Kİ grubunun depolama başlangıcındaki ve sonundaki değerleri sırasıyla 3.44 ve 4.56 log kob/g, 2.94 ve 3.71 log kob/g'dır. KİS grubunda ise 3. günde <2 log kob/g tespit edilebilir miktarın altındadır.

K, Kİ ve KİS grupları depolama sonrası değerlendirildiğinde aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). TMK sayısı küçükten büyüğe sıralandığında $KİS < Kİ < K$ şeklinde olmaktadır. Görüldüğü üzere film kaplama TMK sayısını azaltmıştır. Öyle ki kontrol örneğinde depolama başlangıcında görülen TMK sayısı; Kİ grubunda 2. günde, KİS grubunda 3. günde görülmemiştir.

Çizelge 4.20. K, Kİ ve KİS gruplarının TMK sonuçları (log kob/g)

Grup	TMK sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	3.44±0.01 ^{bc}	3.31±0.09 ^{aC}	3.41±0.06 ^{abC}	4.55±0.00 ^{cC}
Kitosan Kaplama	2.94±0.11 ^{bB}	2.58±0.12 ^{aB}	2.92±0.17 ^{bB}	3.71±0.01 ^{cB}
Kitosan+Stevia Kaplama	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$	$<2^{aA}$

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir. <2 tespit edilebilir miktarın altında bulunmuştur.

2011 yılında yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzelerde bulunması gereken küf miktarına ait bir sınırlama yoktur. Bununla birlikte KİS grubunun 2001 yılında yayımlanan meyve suyu

ve nektarları için belirlenen 3 log kob/g değerinden düşük olduğu görülmektedir. Kurutulmuş meyve ve sebzelerde belitilen sınır ise 4 log kob/g'dır.

Stevianın kitosan filmine ilavesi TMK sayısını azaltmıştır. Son zamanlarda, üzüm çekirdeği (Rubilar ve ark., 2013), aktif karides (Arancibia ve ark., 2014) ve yaban mersini yaprağı (Yang ve ark., 2014) gibi gıda işleme kalıntılarının ekstraktlarının kitosana dahil edilmesiyle oluşturulan filmler için, antifungal etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Khalifa ve ark. (2016), elma ve çilek üzerinde yaptığı deneylerde kitosan için zeytinyağı kalıntı ekstraktlarının eklenmesinin, kitosan solüsyonlarına kıyasla test edilen küf türlerine karşı inhibisyon aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir. Ancak şimdiye kadar stevia ekstraktı ile kombine olan kitosan filmlerinin antifungal etkinliği hakkında elde edilmiş bir sonuç bulunmamaktadır.

Kitosan kaplama işlemi ise meyve dokusunda MAP etkisi oluşturarak aerobik solunum yapan küflere karşı etkili olabilmektedir. Ayrıca kitosan daha önce bahsedildiği üzere antifungal etki göstermektedir (Yıldırım ve ark., 2016).

Kitosanın maya inhibisyonu üzerindeki olumlu etkisi daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Rabea ve ark., 2003; Devlieghere ve ark., 2004; Zhang ve ark., 2011; Perdones ve ark., 2012). Sanchez ve ark. (2015), yüksek kitosan konsantrasyonunun mikrobiyal büyümenin kontrolünde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Pek çok araştırma kitosanın, spor çimlenmesini, germ tüpü uzamasını ve birçok fitopatojenin misel gelişimini doğrudan etkileyebileceğini göstermiştir. Kitosanın etki modunu açıklamak için farklı mekanizmalar önerilmiştir (bkz 7s), ancak, antimikrobiyal etkisinin kesin mekanizması henüz tam olarak bilinmemektedir (Zhang ve ark., 2011). Yine başka bir çalışmada kitosanın biber, salatalık, domates, elma ve armutta fungal enfeksiyonu azalttığı ve bitkilerde patojenlere karşı sentezlenen kitinaz enzimi aktivitesini arttırdığı bulgulanmıştır (Baldwin, 1994; Debeaufort ve ark., 1998; Peng ve ark., 2005). Kitosan ile kaplanan marul örneklerinde ise küf gelişimi depolamanın ilk 4 gününde kontrol örneklerine göre 2 log birim az iken, 4 günden sonra antimikrobial etki kaybolmuştur (Devlieghere ve ark., 2004; Kandemir, 2006). Başka bir çalışmada da %0.2 asetik asit ve

%0.2 kitosan ile kaplanan sarımsak dişlerinde toplam maya küf ve mezofilik bakteri içeriğinin inhibe edildiği belirtilmiştir (Geraldine ve ark., 2008).

Diğer çalışmalarla da kitosanın; *Aspergillus niger* (Sebti ve ark., 2005), taze ve minimal işlem görmüş çileklerde psikrotrof ve mezofilik bakteriler, laktik asit bakterileri, maya ve küfler (Ribeiro ve ark., 2007; Campaniello ve ark., 2008), havuçlarda ve minimal işlem görmüş havuçlarda koliform ve laktik asit bakterileri (Durango ve ark., 2006), domateste *Botrytis cinerea* ve *Penicillium expansum* (Liu ve ark., 2007), elma suyunda *Escherichia coli* K-12 (Kumar ve ark., 2009), çiğ karideslerde *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* ve *Proteus vulgaris* (Simpson ve ark., 1997), sığır ve hindi kıymasında *Clostridium perfringens*'e (Juneja ve ark., 2006) karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği ortaya konmuştur (Koç ve Özkan, 2011). Ayrıca kitosan kaplamaların bakteri sayısını azalttığı yönündeki çalışmalar ve bununla ilgili teoriler tezin kaynak özetleri kısmında belirtilmiştir.

4.3.2. Sodyum aljinat içeren yenilebilir film grubundaki kalite değişimleri

Bu bölümde kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı elma dilimlerine uygulanan fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Fizikokimyasal analizler

Polifenoloksidaz enzim aktivitesi

Meyve ve sebzelerde çarpma, kesme, kabuk soyma dilimleme gibi mekanik zedelenme ve işlemlerle esmerleşme meydana gelmektedir. Enzimatik esmerleşme denilen bu reaksiyon, esas olarak oksijenin varlığında fenollerle polifenoloksidazlar arasındaki ilişkiden kaynaklanmaktadır ve konsantrasyonları ile yakından ilgilidir (Coseteng ve Lee, 1987; Nicolas ve ark., 1994; Türkan, 2009). Bununla birlikte esmerleşmeyi önlemede kullanılan modifiye atmosfer ambalajlama ve soğutma, doku kahverengileşmesini tamamen önlemek için yeterli değildir. Bu olguyla ilgili olarak Olivas ve ark. (2007), elma dilimlerindeki esmerleşmenin aljinat kaplama ile geciktiğini belirtmişler ve bu koruyucu etkiyi bazı durumlarda anti-esmerleşme ajanları olarak tanımlanan kalsiyum klorürün varlığı ve de kaplamaların oksijene karşı bariyer görevi göstermesi ile açıklamışlardır. Bu bilgiler doğrultusunda polifenoloksidaz enzim aktivitesine ilişkin bulgular Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Depolama süresinin gruplar üzerine etkisi incelendiğinde, SA ve SAS gruplarında istatistiksel bir fark görülmemektedir ($p>0.05$). Buna karşın kontrol grubunun enzimatik aktivitesi önemli derecede yükselmiştir ($p\leq 0.05$). 0. gün ve 3. gün verileri K grubu için sırasıyla 19032 ve 25272 U/g dak, SA grubu için sırasıyla 15600 ve 17192 U/g dak, sodyum aljinat+stevia grubu için sırasıyla 13104 ve 13260 U/g dak’dır. Depolama başlangıcında SA ve K grubu ortalama değerleri kıyasladığında K grubunun başlangıç enzim aktivitesi SA grubunun başlangıç aktivitesinden düşük olmasına rağmen depolama sonu dikkate alındığında, SA grubu örneklerin daha düşük enzim aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Yani SA ile kaplama uygulaması enzim aktivitesini baskılamıştır.

Çizelge 4.21. K, SA ve SAS gruplarının polifenoloksidaz enzim aktivitesi (U/g dak) değerleri

Polifenoloksidaz enzim aktivitesi (420 nm, U/g dak)				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	19022±371 ^{aB}	23400±1080 ^{bC}	22464±1248 ^{bB}	25272±3088 ^{bC}
Aljinat Kaplama	15600±3259 ^{aA}	17160±805 ^{aB}	14508±4182 ^{aA}	17192±2102 ^{aB}
Aljinat+Stevia Kaplama	13104±882 ^{aA}	13311±974 ^{aA}	15288±1080 ^{bA}	13260±936 ^{aA}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

SAS grubunda da benzer durum görülmektedir ancak SA ve SAS grubu kıyaslandığında, stevia ilavesinin enzim aktivitesini depolama sonunda önemli ölçüde sınırladığı görülmektedir ($p \leq 0.05$). Rojas-Graü ve ark. (2008) ve Oms-Oliu ve ark. (2008a) da benzer ifadelerde bulunmuştur. N-asetilsistein ve kalsiyum klorür içeren aljinat kaplamanın sırasıyla 23 ve 14 gün depolamada elma ve armut dilimlerini kahverengileşmeden koruduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Chiabrando ve Giacalone (2016), sodyum aljinat kaplı dilimlerin diğer nektarin numunelerine göre 8 gün depolama sonrasında daha düşük kahverengileşme değerleri gösterdiğini, PPO aktivitesinin depolama süresince azaldığını belirtmişlerdir.

Film kaplı örnekler kitosanda olduğu gibi enzim aktivitesini önlemiştir. Bu duruma aşağıdaki etmenler neden olabilir;

- Film formülasyonuna ilave edilen antioksidan bir ajan olan askorbik asitin etkisi
- Filmin oksijen bariyeri olarak davranması

Bununla birlikte stevia ekstraktı ilave edilen filmlerin enzimatik aktiviteyi daha da azalttığı görülmektedir. Bu durum aşağıdaki nedenlerden ötürü olabilir;

- Stevia içerisinde bulunan antioksidan ajanlar (fenolikler)

- Stevianın içerisinde bulunan fenoliklerin askorbik asitle olan sinerjik etkisi.

Sataque ve Wosiacki (1987)' ye göre PPO için optimum sıcaklık 30-40 °C'dir. Olivas ve ark. (2007) kaplanmış elma dilimlerine 38 °C'de 20 dakika boyunca bir kurutma işlemi uygulamalarına rağmen, esmerleşme indeksinin, ısı işlem görmemiş kontrol grubu elma dilimlerine göre anlamlı derecede düşük olduğunu, yani kaplamanın dilimlenmiş elmaların kahverengileşmesini önlemede yüksek kapasiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Hui-Min ve ark. (2009), üç çeşit yenilebilir kaplamanın (karragenan, karboksimetilselüloz (CMC) ve Na-Al) ve bunların kombinasyonlarının 5 °C'de depolanan taze şeftalilerde PPO aktivitesini önlediği ve şeftalilerin kahverengileşme derecesini azalttığını bildirmiştir (Falguera ve ark., 2011; Çiltepe, 2013).

Toplam fenolik madde

Toplam fenolik madde değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia film kaplı elma dilimlerinin depolama boyunca toplam fenolik madde miktarlarındaki azalma önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Yapılan bir çalışmada polifenolik bileşiklerin miktarında depolama süresi boyunca bir azalma görüldüğü belirtilmiştir. Bunun nedeni, elmaların kesilmesi sonucu bu bileşiklerin oksijene ve ışığa maruz kalması ve PPO gibi polifenolik enzim aktivitesinin neden olduğu tahribat olarak ifade edilmiştir (Bode ve ark., 1990, Gil ve Kader, 2008; Rössle ve ark., 2011). Ayrıca bu etki elmaların materyal olarak kullanıldığı başka çalışmalarda görülmüştür (Hun-Sik ve Kwang-Deog, 2009).

Film kaplı örnekler K grubuna göre yüksek değerler göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Nitekim sodyum aljinat kaplamanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; kaplanmamış olanlara kıyasla kaplanmış kirazların daha yüksek toplam fenolik ve antioksidan kapasite gösterdiği saptanmıştır (Díaz-Mula ve ark., 2012). Ayrıca Rössle ve ark. (2011) elma dilimlerini aljinat ile kaplamanın genel

olarak, kontrol örneklerine kıyasla polifenolik bileşiklerin daha iyi korunmasının sağlandığını belirtmiştir.

Çizelge 4.22. K, SA ve SAS gruplarının toplam fenolik madde (GA mg/l) değerleri

Grup	Toplam Fenolik Madde (GA mg/l)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	689.50±50 ^{aA}	675.22±76 ^{aA}	618.66±64 ^{aA}	641.16±103 ^{aA}
Aljinat Kaplama	2126.16±255 ^{cB}	1522±122 ^{abB}	1201±285 ^{aB}	1678.66±50 ^{bcB}
Aljinat+Stevia Kaplama	2544±67 ^{bc}	2702±254 ^{bc}	2209±35 ^{aC}	2023±102 ^{aC}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b,c} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Tüm grupların depolama boyunca fenolik madde değerlerine bakıldığında en yüksek toplam fenolik maddeyi SAS grubu göstermiştir ($p \leq 0.05$). Çünkü stevianın fenolik madde içeriği yüksektir. Bununla birlikte K, SA ve SAS gruplarının depolama başlangıcı ve depolama sonu toplam fenolik madde değerleri sırasıyla 689 ve 641, 2126 ve 1679, 2554 ve 2023 GA mg/l'dir. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere film kaplama toplam fenolik madde miktarını arttırmıştır. Oms-Oliu ve ark. (2008a), Rössle ve ark. (2011) çalışma sonuçları ile uyumlu olarak, aljinat ve jellan bazlı kaplamalara anti-esmerleşme ajanları eklenmesinin, toplam fenolik içeriğini ve antioksidan kapasiteyi, kaplanmamış armutlardan daha iyi koruduğunu bildirmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada yenilebilir aljinat kaplamaların, aşırı olgunlaşma ve yaşlanma süreçlerine bağlı olarak kontrol grubu kirazlarda azalan toplam fenoliklerin ve antioksidan aktivitenin daha yüksek konsantrasyonlarda elde edilmesinde olumlu bir etki göstermiştir (Díaz-Mula ve ark., 2012).

Yapılan diğer bir çalışmada ise 2.5 kPa O₂ 7 kPa CO₂ aktif modifiye atmosferin, taze kesilmiş 'Piel de Sapo' kavununun depolaması sırasında, daha yüksek O₂ içeriğine sahip olan atmosferlerden daha fazla fenolik bileşik üretimine neden olduğu belirtilmiştir. Bu durum paketler içindeki çok düşük ve yüksek CO₂ konsantrasyonlarının yol açtığı

oksidatif stres ile ilgilidir (Oms-Oliu ve ark., 2008a; Oms-Oliu ve ark., 2008b). Bu nedenle Oms-Oliu ve ark. (2008b) jel ile kaplanan kavun parçalarında artan fenolik birikmenin, hem meyve hem de ambalaj tepe boşluğundaki atmosferlerin önemli ölçüde modifikasyonuna bağlı olabileceğini bildirmiştir.

Oms-Oliu ve ark. (2008b), fenolik bileşiklerin artışını kesilmiş taze kavunların antioksidan kapasitesinin arttırılması ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bazı yazarlar fenolik bileşiklerin birikimini antioksidan aktivitedeki artışa bağlamaktadırlar (Reyes ve Cisneros-Zevallos, 2003). Bu konudaki diğer verilere ise kitosan filmi değerlendirilirken ayrıca yer verilmiştir.

Bununla birlikte farklı olarak literatürde sodyum aljinat ve stevia kombinasyonu üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanılmıştır. Arriola ve ark. (2016), *Stevia rebaudiana* Bertoni yapraklarından elde edilen sulu özütü, sodyum aljinat ile ıslak enkapsülasyon ve dondurarak kurutma yöntemleriyle enkapsüle ederek, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini araştırmışlar ve her iki enkapsülasyon yönteminde elde edilen kapsüllerin +4 °C’de 30 gün depolama sürecinde toplam fenolik madde içeriği açısından stabilite gösterdiğini ve antioksidan aktivitesini koruduğunu belirtmişlerdir (Balkır, 2016).

Antioksidan kapasite

Antioksidan kapasite değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelgeye göre depolama sonunda film kaplı grupların antioksidan kapasite değerlerinde düşüş gözlenmiştir ($p \leq 0.05$). Ayrıca film kaplı örnekler kontrol grubuna göre yüksek değerler göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Bu beklenen sonucun sebebi ise askorbik asitin ilave edilmesidir. Benzer şekilde Robles-Sánchez ve ark. (2013) tarafından %2 aljinat+%1 askorbik asit kaplı kesilmiş taze mangolardaki antioksidan aktivite (TEAC) oranının, yalnızca %2 aljinat ile kaplananlara veya kontrol meyvelerine göre belirgin derecede yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca

kesilmiş taze kivi meyvelerinde askorbik asite daldırma işlemi için de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Antunes ve ark., 2010). Yazarlar bu farklılıkları bir antioksidan olan askorbik aside bağlamaktadırlar. Ancak başka bir çalışmada da yenilebilir kaplama işlemlerinin tümünde askorbik asit içerikleri benzer sonuçlar vermiştir. Ayrıca askorbik asit uygulanmayan kontrol grupları, yenilebilir kaplama uygulananlara benzer TEAC değerleri gösterdiği vurgulanmıştır. Bunun nedeni olarak da ahududu, kivi meyvesi ve mangoya kıyasla daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olması ve diğer çalışmalarda kesilmiş taze meyvelerden faydalanılırken, bu çalışmada tüm meyvenin kullanılması olarak açıklamışlardır (Giovanelli ve ark., 2014; Park ve ark., 2014, Guerreiro ve ark., 2015). Bununla birlikte yapılan başka bir çalışmada antioksidan aktivitenin yüksek çıktığı ve deney boyunca önemli ölçüde değişmediği belirtilmiştir. Ayrıca 14 günlük depolama sonrasını karşılaştırdıklarında, daha yüksek konsantrasyonlarda SA veya pektin ile yapılan bazı işlemlerin (%2 sodyum aljinat+%0.15, sitral %2 pektin+%0.2 öjenol ve %2 pektin+%0.1 öjenol+%0.15 sitral), antioksidan aktivitesinin biraz daha düşük değerler gösterdiğini ifade etmişlerdir (Guerreiro ve ark., 2015). Oms-Oliu ve ark. (2008b), aljinat kaplamada, 15 günlük bir depolama periyodunda antioksidan kapasitenin hafif bir artış gösterdiğine ilişkin benzer bulgular bildirilmiştir.

Çizelge 4.23. K, SA ve SAS gruplarının antioksidan kapasite (mM TE/g) değerleri

Grup	Antioksidan Kapasite (mM TE/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	3.9201±0.2 ^{ba}	3.5468±0.2 ^{abA}	2.8134±0.7 ^{aA}	3.1169±0.2 ^{abA}
Aljinat Kaplama	28.9909±1.5 ^{bb}	17.3018±3.5 ^{aB}	16.7734±7 ^{aB}	14.2508±2.9 ^{aB}
Aljinat+Stevia Kaplama	36.1588±4.5 ^{bc}	24.8842±7.5 ^{abB}	21.8409±5 ^{abB}	19.1615±6.7 ^{aB}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

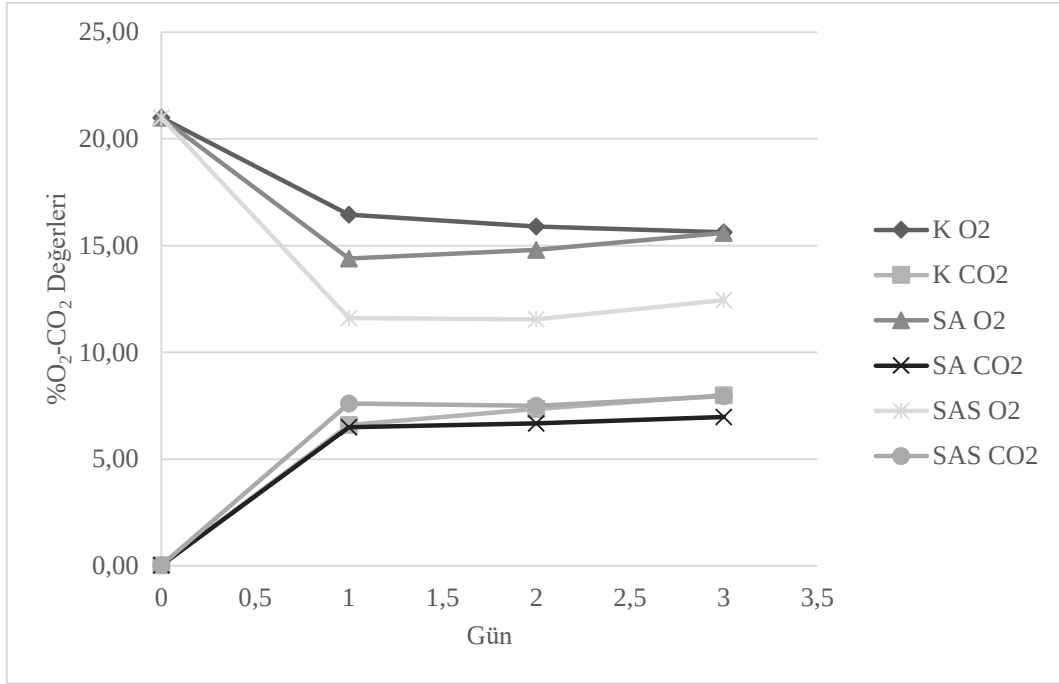
K, SA ve SAS gruplarının 3. gün antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 3.1169, 14.2508, 19.1615 mM TE/g'dır. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere film kaplama antioksidan kapasiteyi arttırmıştır (p≤0.05).

Oms-Oliu ve ark. (2008b) çalışmasında antioksidan kapasitesindeki en önemli artışını, fenolik bileşiklerin en yüksek birikimine uğramış olan jellan ile kaplı kesilmiş taze kavunda gözlemlendiğini ifade etmiştir. Yine kesilmiş taze 'Piel de Sapo' kavunuyla ilgili yapılan bir çalışmada, fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteye C vitaminden daha fazla katkıda bulunduğunu bildirmiştir (Oms-Oliu ve ark., 2008a). Bununla birlikte, antioksidan kapasite diğer çeşitli fitokimyasallardan kaynaklanmaktadır (Eberhardt ve ark., 2000).

Moreira ve ark. (2015) tarafından elma lifi ve inülin, polisakkarit esaslı (aljinat, pektin ve jellan gam) yenilebilir kaplama formülasyonlarına ilave edilerek (askorbik asit ilaveli), kesilmiş taze elmaların kalite özelliklerine etkileri değerlendirilmiş, kaplama işleminden hemen sonra kesilmiş taze elmaların antioksidan aktivitesinde önemli bir artış görüldüğü belirtilmiştir. Aljinat ve jellan gam kaplı elma parçalarının en yüksek antioksidan aktivite değerleri sergilediği bununla birlikte, elma lifi ile zenginleştirilmiş aljinat, pektin ve jellan gam kaplı taze kesilmiş elmaların, depolamanın ilk haftasında antioksidan kapasitelerini daha iyi muhafaza ettiği bildirilmiştir.

%O₂ ve CO₂ değerleri

Kitosan grubunda bahsedildiği üzere meyve ve sebzeler solunum yaparken oksijen tüketmekte ve karbondioksit üretmektedir. Yani paket içerisindeki oksijen miktarı azalmakta ve de karbondioksit miktarı artmaktadır. Bu bağlamda paket içinde ölçülen oksijen ve karbondioksit verilerine ait karşılaştırmalar Şekil 4.32’de verilmiştir.

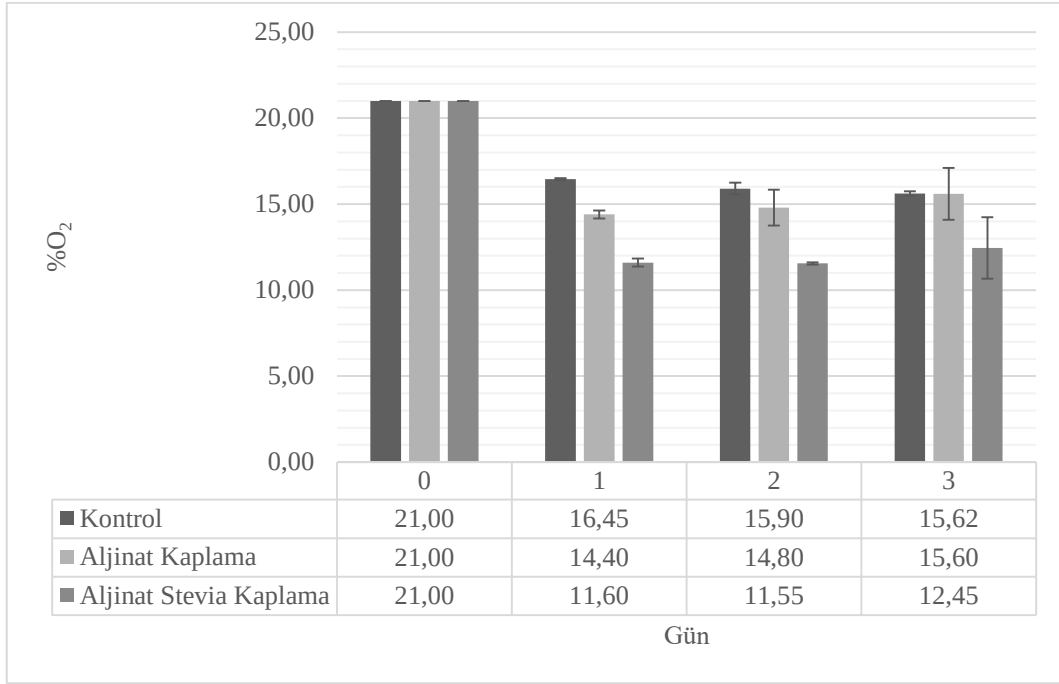


Şekil 4.32. K, SA ve SAS paket içi %O₂-CO₂ değişimleri

Depolama sonunda oksijen oranları incelendiğinde, beklenildiği gibi kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı örneklerin ambalaj içerisindeki oksijen oranlarının net bir şekilde düştüğü görülmektedir ($p \leq 0.05$). Bunun aksi olarak ise paket içi karbondioksit oranları yükselmiştir ($p \leq 0.05$).

Verilerde görüldüğü üzere oksijen oranı düşüşündeki ve karbondioksit oranı yükselişindeki en yüksek oran 0. ile 1. gün arasında olmuştur. Yani paket içerisindeki solunum değişimi en fazla bu günler arasında görülmüştür. Daha sonraki günlerde ise karbondioksit oranının arttığı ve oksijen oranının azaldığı için solunum yavaşlamıştır. Depolama başlangıcı ve birinci gün arasında karbondioksit oranları incelendiğinde ise aljinat kaplama ile kontrol örneğinin benzer değerler gösterdiği görülmektedir.

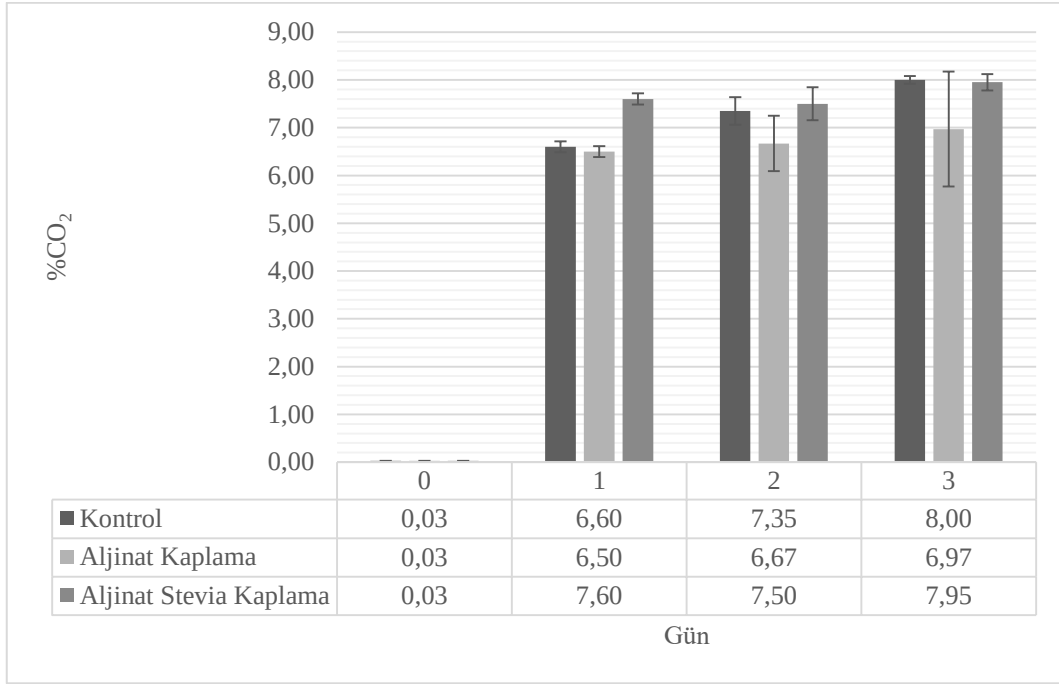
Paket içi gaz kompozisyonlarındaki %O₂ ve %CO₂ oranları değişimlerine ilişkin bulgular Şekil 4.33 ve 4.34’de verilmiştir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.33. K, SA ve SAS gruplarının %O₂ değerleri

Salvia-Trujillo ve ark. (2015) bu durumu; “meyvelerin minimum düzeyde işlenmesi, bitki dokularında fizyolojik bir gerilim oluşturan ve böylece solunum metabolizmasını tetikleyen soyma ve kesme gibi işlemleri kapsamaktadır (Soliva-Fortuny ve Martín-Belloso, 2003). Aerobik solunum ise karbonhidrat, lipid ve organik asitlerin organik rezervlerinin CO₂ ve su da dahil olmak üzere, daha basit moleküllere oksidatif olarak parçalanmasını ve enerjinin serbest bırakılmasını içermektedir (Fonseca ve ark., 2002). Bu nedenle, sodyum alginat ile kaplanmış kesilmiş taze elmalarda kaplanmayanlara kıyasla daha yüksek solunum hızı gözlemlenmiştir, bu durumun biyopolimerden karbonhidrat moleküllerini metabolize etmek için yüksek kullanılabilirlikten kaynaklandığı düşünülmektedir” şeklinde açıklamıştır. Bununla birlikte Salvia-Trujillo ve ark. (2015), limon otu yağı konsantrasyonu %0.5 (v/v) veya %1 (v/v) olan emülsiyonlar veya nano emülsiyonlarla yaptıkları kaplamaların, kesilmiş taze elmaların solunumunu, kaplanmamış elmalara kıyasla önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.34. K, SA ve SAS gruplarının %CO₂ değerleri

K, SA ve SAS gruplarının depolama sonu %O₂ oranları sırasıyla 15.62, 15.60, 12.45 ve %CO₂ oranları sırasıyla 8, 6.97 ve 7.95 olarak bulgulanmıştır.

Paket içerisindeki depolama sonu karbondioksit oranı değerlendirildiğinde kontrol grubu SA grubundan yüksektir. Bu sonuç Mastromatteo ve ark. (2011)'nin yaptığı, kaplanmamış soyulmuş kivi meyvelerine (8 ml 100 ml¹) göre aljinatla kaplanmış örneklerde (10 ml 100 ml¹) daha yüksek bir karbondioksit konsantrasyonunun elde edildiği çalışma ile uyumludur (Gorny ve ark., 2002). Bununla birlikte minimal işlem görmüş mango ve papayayanın solunum hızını düşüren kitosan ve aljinat bazlı yenilebilir kaplamalar için de benzer sonuçlar yayınlanmıştır (Chien ve ark., 2007; Tapia ve ark., 2008). Ancak depolama sonunda SAS grubu ile kontrol grubu arasında istatistiki olarak bir fark yoktur (p>0.05). Benzer sonuçlar Rössle ve ark. (2011) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmacılar kesilmiş taze elma dilimlerini oligofruktoz ve inülin gibi prebiyotikleri içeren sodyum alijinat filmleri ile kaplamışlar; kaplanmış ve kaplanmamış gruplar arasında tepe boşluğu O₂ ve CO₂ konsantrasyonu bakımından fark olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte örnekler arasındaki tepe boşluğu uçucu madde üretiminde belirgin farklar olduğunu ve çoğu kaplanmış örneğin, tepe boşluğunda

kaplanmamış örneklerden daha düşük uçucu madde üretimi gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Ancak depolama süresince oksijen ve karbondioksit seviyelerinde meydana gelen artış ve azalışlardan paket içi denge gaz bileşiminin henüz oluşmadığı anlaşılmaktadır. Bunun için belirlenen depolama süresi yeterli gelmemiştir. Bununla birlikte Chiumarelli ve ark. (2011), ambalajın gaz kompozisyonundaki değişikliklerin modifiye edilmiş atmosfere katkıda bulunmadığını belirtmişlerdir. Ambalajlama sistemlerinin iç atmosferinin havanın kine yakın olduğu, depolama boyunca tüm tabaklarda CO₂ konsantrasyonunun %1.5 'dan düşük ve O₂ konsantrasyonunun yaklaşık %20 civarında olduğu belirtilmiştir. Ambalajlama sisteminin (EPS streç film ile sarı EPS tepsileri) ürünle etkileşime girmediği bildirilmiştir. Yani, kaplamanın kesilmiş taze mangoların solunum hızını azaltmasının aynı zamanda ambalaj içindeki modifiye atmosferi önleyebileceği belirtilmiştir. Çünkü bazı araştırmacıların yaptığı çalışmalara dayanarak; yenilebilir kaplamaların, ürün yüzeyinde yarı geçirgen bir film oluşturması sonucunda, bitki dokusu için mevcut olan oksijen ve taze meyvelerin solunum hızını düşürerek iç atmosferde bir değişiklik yaratabileceğini vurgulamışlardır (Oms-Oliu ve ark., 2008b; Rojas-Grau ve ark., 2008). Bununla birlikte, mango dilimlerini sarmak için kullanılan ambalaj atmosferinde herhangi bir değişiklik gözlenmediğini ve bu davranışın da Chiumarelli ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışma ile benzer özellik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Moreira ve ark. (2015)'ları tepe solunum hızını önemli ölçüde düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

pH değeri ve titrasyon asitliği

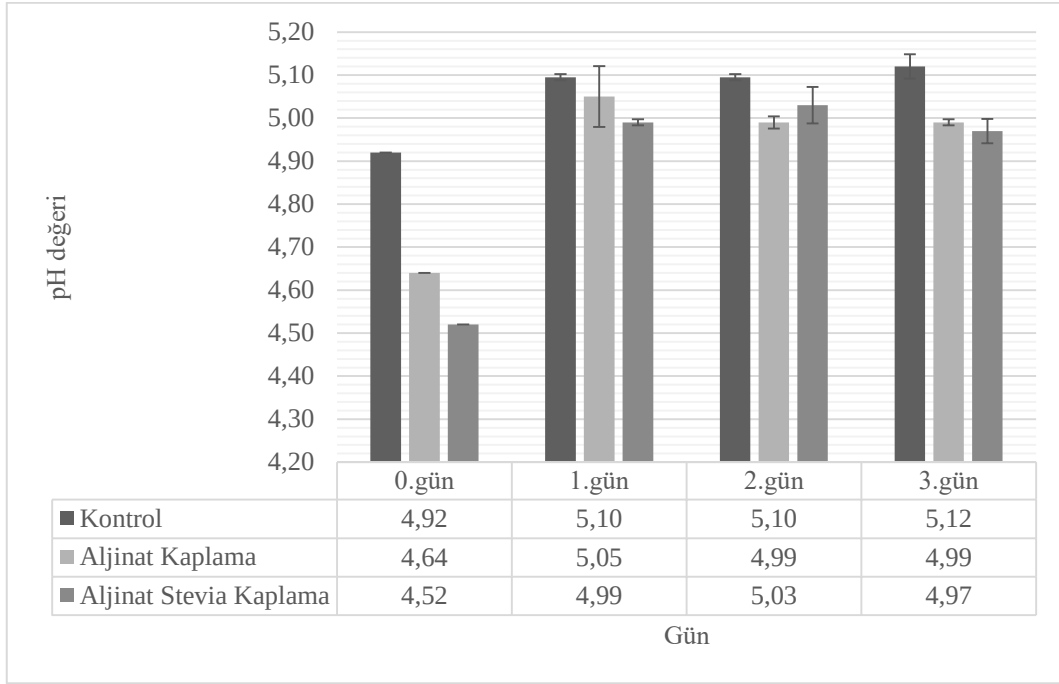
Taze kesilmiş elmaların asitliği, mikrobiyolojik stabilite üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Asitlikteki bir artış, minimal işlem görmüş gıdalardaki Salmonella ve Shigella gibi türlerin gelişmesini kolaylaştırarak raf ömrünün kısılmasına neden olur (Soliva-Fortuny ve ark. 2004; Rössle ve ark., 2011). Bu nedenle bir gıda ürününde asitliği belirlemek önemlidir.

pH değerindeki değişimlerine ilişkin bulgular Şekil 4.35’de, titrasyon asitliğindeki değişimlerine ilişkin bulgular ise Şekil 4.36’da verilmiştir.

Çalışmada beklenildiği gibi depolama sonunda tüm film kaplı ve kontrol örneklerinin ortalama pH değerinde artış gözlenmiştir. Kontrol grubu örneklerin pH değeri; 4.92’den 5.12’ye, SA grubu elmaların pH değeri; 4.64’den 4.99’a, SAS grubu örneklerin pH değeri; 4.52’den 4.97’ye yükselmiştir. Ancak bu oranlar arasındaki fark kontrol grubunda istatistiki olarak önemli olmayıp, film kaplı örneklerde önemlidir ($p \leq 0.05$). Nitekim Maftoonazad ve ark. (2008) depolamanın herhangi bir zamanında, kontrol örneğinin, kaplanmış şeftalilerden daha yüksek pH değerine sahip olduğunu ve daha önce yapılan bazı çalışmaların sonuçları ile aynı olduğunu belirtmişlerdir (Medlicott ve ark., 1987). Kontrol grubu örneklerindeki pH artışının kaplanmış meyvelerinkinden daha yüksek olduğunu belirten başka çalışmalara da literatürde raslanmaktadır (Diaz-Sobac ve ark., 1996).

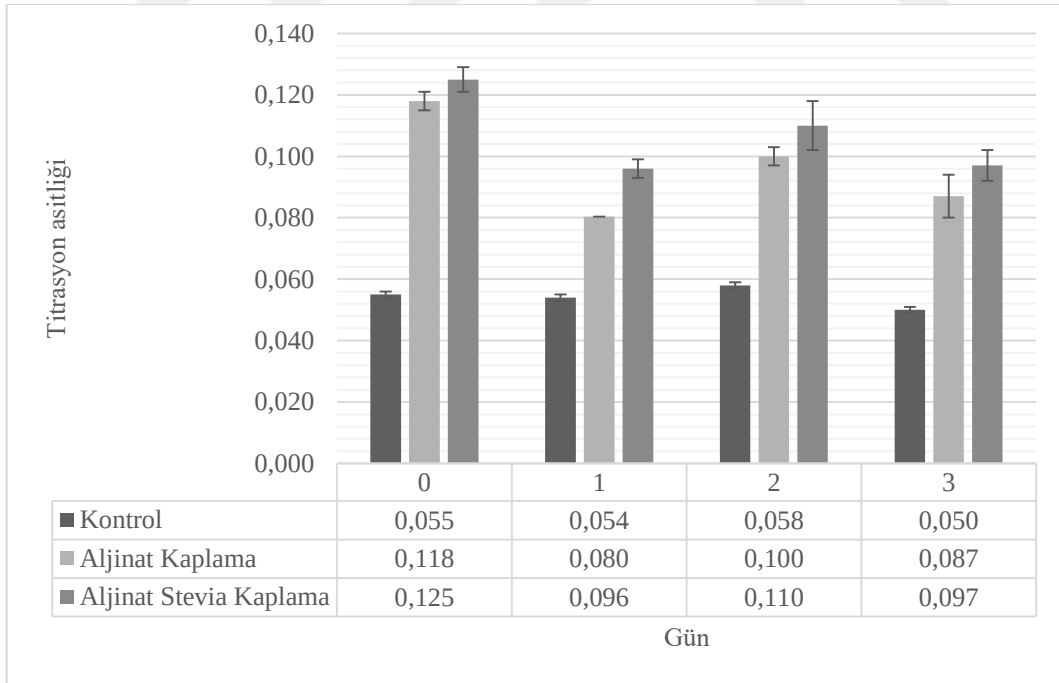
Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı örneklerin pH değerleri ile kontrol örneği arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$). Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia filmleri ile kaplanan örneklerin kontrol grubuna göre pH değeri daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni film pH değerinin düşük olmasıdır.

Ayrıca 0. gün ile 1. gün pH değeri değişim oranına bakıldığında sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplamaların, kontrol grubuna göre değişim oranının fazla olduğu görölmektedir. Kontrol $\sim\%3.5$, sodyum aljinat grubu $\sim\%8.8$ ve sodyum aljinat+stevia grubu $\sim\%3.6$ oranında artış göstermiştir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.35. K, SA ve SAS gruplarının pH değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.36. K, SA ve SAS gruplarının titrasyon asitliği değerleri

Sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı örneklerin titrasyon asitliği değerleri ile kontrol örneği arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p \leq 0.05$) (Şekil 4.36). Yapılan bir çalışmada tüm örnekler için 14 günlük depolama süresi boyunca titrasyon asitliğinde küçük bir düşüş gözlenmiştir ve kontrol grubu elma dilimleri genel olarak en yüksek değerlere sahipken, prebiyotik içeren kaplama ile kaplı dilimler en düşük değerleri göstermiştir (Rössle ve ark., 2011). Ancak bu çalışmada görülen farklılığın sodyum aljinat film formülasyonlarına eklenen askorbik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca SA grubu ile SAS grubunun arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir ($p > 0.05$).

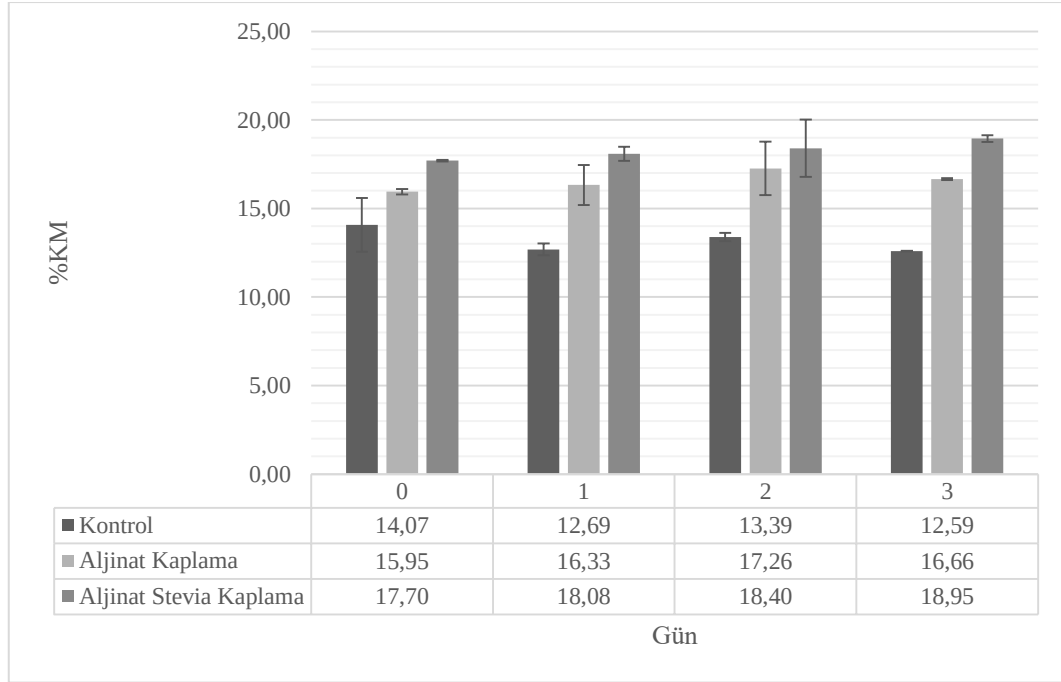
Sadler ve Murphy (1998)'e göre, şeker içeriği arttıkça, meyvelerdeki asitler meyvenin olgunlaşmasıyla birlikte azalma eğilimi gösterirler. Bununla birlikte tez kapsamında K, SA ve SAS gruplarının 0.gün/3.gün değerleri sırasıyla 0.055/0.050, 0.118/0.087, 0.125/0.097 olarak tespit edilmiştir. Grupların asitlik değerlerinde depolama sonunda düşüş gözlenmiştir ve bu düşüş istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Nitekim yapılan bir çalışmada depolama boyunca tüm işlemlerde malik asit konsantrasyonu azalmıştır ve kontrol grubu ile işlem görmüş elmalar arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Olivas ve ark., 2007). Lidster ve ark. (1979) ve Porritt ve Lidster (1978)'e göre, 4-6 gün boyunca 38 °C'de tutulan elmalarda titrasyon asitliği açısından bir düşüş yaşanmıştır. Boylston ve ark. (1994) depolama süresinin uzunluğunun ya da depolama koşullarının, 'Gala' çeşidi elmaların çözünabilir kuru madde konsantrasyonlarını ve titrasyon asitlik derecesini etkilemediğini belirlemişlerdir (Olivas ve ark., 2007).

Kuru madde ve suda çözünür kuru madde

KM değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Şekil 4.37'de verilmiştir.

Tüm grupların depolama süresince KM değerleri değerlendirilmiş ve kontrol hariç ($p \leq 0.05$) aralarında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). K, SA ve SAS kaplı örneklerin başlangıç ve depolama sonrası ortalama KM değerleri sırasıyla; %14.07 ve 12.59, 15.95 ve 16.66, 17.7 ve 18.95'dir.

Ayrıca film kaplı örnekler kaplanmayan örnekler göre daha yüksek KM değerleri göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Film bileşenleri KM miktarını artırmıştır. Bununla birlikte 3. günün sonunda stevia içeren grup, stevia içermeyen gruplara göre daha yüksek KM ortalama değerlerine sahiptir. Bunun nedeni olarak film yapısının daha yoğun olması düşünülmektedir.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.37. K, SA ve SAS gruplarının %KM değerleri

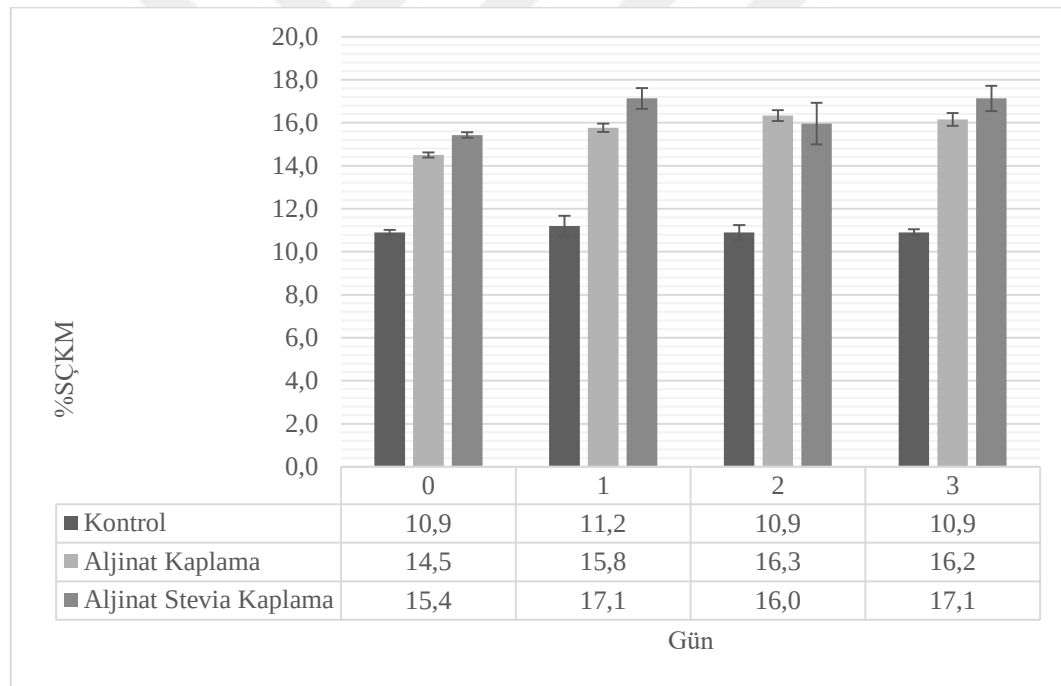
Yapılan bir çalışmada kuru madde miktarları, elma dilimlerinin sodyum aljinat filmlerle kaplanmasından ciddi biçimde etkilenmiştir. SA film ile kaplanmış elma dilimleri tüm depolama süresi boyunca yaklaşık %12 kuru madde değerleri göstermiştir. Ayrıca kontrol grubu elma dilimlerinin kuru madde miktarı 14 gün sonunda %12.9'dan %14.3'e artış göstermiştir (Rössle ve ark., 2011).

Rojas-Grau ve ark. (2007), kesilmiş taze elmalara uygulanan yenilebilir aljinat kaplamaların nem kaybını ve böylece sertlik kaybını kontrol etmede etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Maftoonazad ve ark. (2008), 6 gün depolamadan sonra, kontrol grubu şeftali örneklerinin, metil selüloz ve aljinat ile kaplanan meyvelerin kaybettiği nem miktarından hemen hemen iki katı kadar nem kaybettiğini bildirmiştir. Ayrıca Nussinoviteh ve Herskho (1996), aljinat kaplamaların sarımsakta nem kaybına engel oluşturduğunu belirtmiştir.

SÇKM değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Şekil 4.38’de verilmiştir.

Kontrol grubu verileri depolama boyunca değerlendirildiğinde istatistiki olarak önemli bir fark yoktur ($p>0.05$). Ayrıca SÇKM değerleri SA ve SAS grubunda depolama sonunda yükselmiş ($p\leq 0.05$), bu değişimler solunum ile ilişkilendirilmiştir.



* n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.38. K, SA ve SAS gruplarının %SÇKM değerleri

Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia kaplı örneklerin başlangıç ve depolama sonrası ortalama SÇKM değerleri sırasıyla; %10.9 ve 10.9, %14.5 ve 16.2, %15.4 ve 17.1 olarak tespit edilmiştir.

Film kaplı örnekler kaplanmayan örneklerle göre daha yüksek SÇKM değerleri göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$).

Depolama başlangıcında ise SAS grubu, SA grubuna göre daha yüksek SÇKM ortalama değerine sahiptir.

Rössle ve ark. (2011), SÇKM değerinin, prebiyotikle kaplanan elma dilimlerinden önemli derecede etkilendiğini, örneğin, oligofruktoz içerikli ve oligofruktoz+inülin içerikli filmler ile kaplanan örneklerin, depolama süresi boyunca yaklaşık %14 ile en yüksek SÇKM değerine sahip olduğunu belirtmiştir.

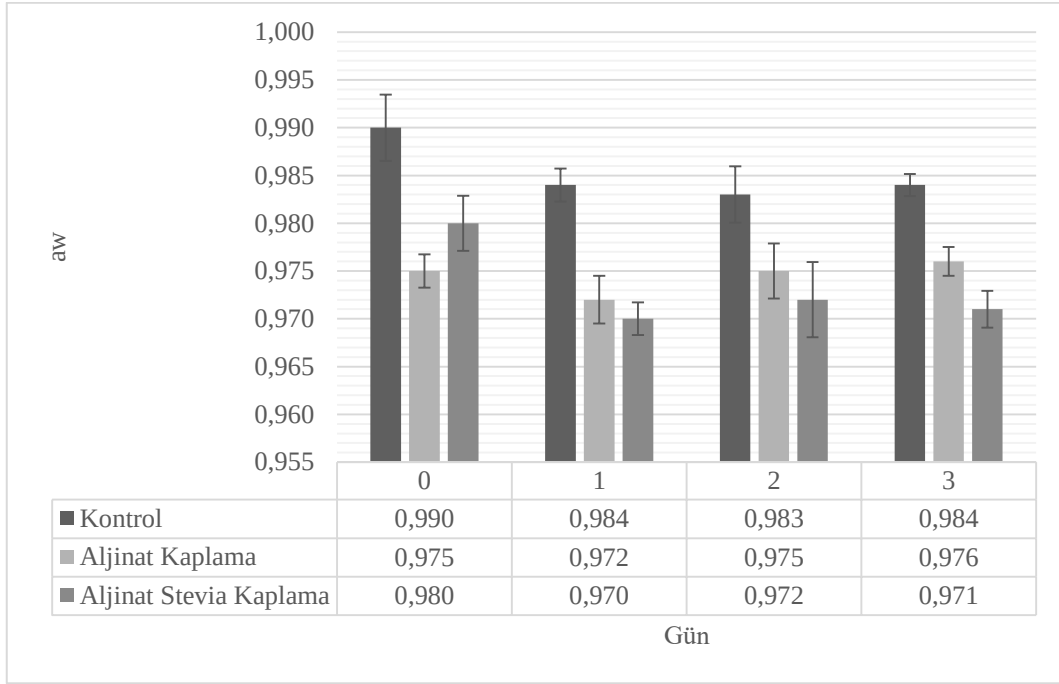
Guerreiro ve ark. (2016), SÇKM'nin en düşük değerlerinin, %1 hem sodyum aljinat hem de pektin için %0.15 sitran +%0.1 öjenol ile oluşturulan yenilebilir kaplı elmalarda olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, tüm işlemler için SÇKM değerlerinin %15.5 ile %17.0 arasında değiştiği bildirilmiştir. Olivas ve ark. (2007)'na göre, kesilmiş taze elmalar için SÇKM, kaplamayla önemli ölçüde etkilenmemiştir.

Su aktivitesi

Şekil 4.39'da görüldüğü üzere SA grubunun 0. günü ile 3. günü arasında istatistiki olarak önemli bir fark yoktur ($p > 0.05$). K ve SAS grubunun ise depolama sonunda su aktivitesi değerleri düşmüştür ve bu grupların 0. günleri ile 3. günleri arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$).

Kontrol, SA ve SAS kaplı örneklerin başlangıç ve depolama sonrası ortalama su aktivitesi değerleri sırasıyla; 0.990 ve 0.984, 0.975 ve 0.976, 0.980 ve 0.971'dir.

Gıdalardaki nem seviyesi, tazeliği korumada ve mikrobiyolojik gelişimi kontrol etmede önemlidir. Nitekim yenilebilir filmler su aktivitesini kontrol altına alabilmektedir (Krochta ve DeMulder Jonston, 1997; Dursun ve Erkan, 2009). Bu doğrultuda genel olarak bakıldığında film kaplı örnekler kaplanmayan örneklerle göre daha düşük su aktivitesi değerleri göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$).



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.39. K, SA ve SAS gruplarının su aktivitesi değerleri

Depolamanın 0. günü SAS grubu, SA grubuna göre daha yüksek su aktivitesi ortalama değerine sahiptir ve istatistiki olarak aralarındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$). Ancak SAS grubu depolama sonunda görülen düşüş nedeniyle SA grubundan daha düşük değerler göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$).

Ağırlık kaybı ve bozulma oranı

Klimakterik meyveler grubunda yer alan elma, hasattan sonra olgunlaşma yeteneğine sahiptir. Bu türe ait meyvelerin soğukta muhafazası sırasında oluşan kayıplar ağırlık kaybı, kabuk yanığı, aşırı olgunlaşma nedeniyle yumuşama ve çürümeler olarak sıralanmaktadır (Özüpek, 2010). Depolama süresinin üç gün gibi kısa bir zaman dilimi olması nedeniyle K, SA ve SAS filmi ile kaplanan elma dilimlerinin ağırlık kaybında değişim olmamıştır. Bununla birlikte kitosanda olduğu gibi seçilen raf ömrü ticarileştirilmesi yönünden doğru bir karardır yani oluşan sonuç %4-6 ticari kayıp sınırının altındadır.

Meyve ağırlık kaybı değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. K, SA ve SAS gruplarının ağırlık kaybı değerleri

Grup	Ağırlık Kaybı (%)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00
Aljinat Kaplama	0.00	0.00	0.00	0.00
Aljinat+Stevia Kaplama	0.00	0.00	0.00	0.00

* n=2

Sodyum aljinat ile ilgili olarak yapılan diğer çalışmalara ait sonuçlar ise şu şekildedir;

Maftoonazad ve ark. (2008), sodyum aljinat veya metil selüloz ile kaplanan şeftalileri 15 °C’de 24 gün depolamışlar ve kontrol numunelerinin metil selüloz ve sodyum alginatla kaplı şeftalilerden üç kat daha fazla nem kaybına uğradığını belirlemişlerdir.

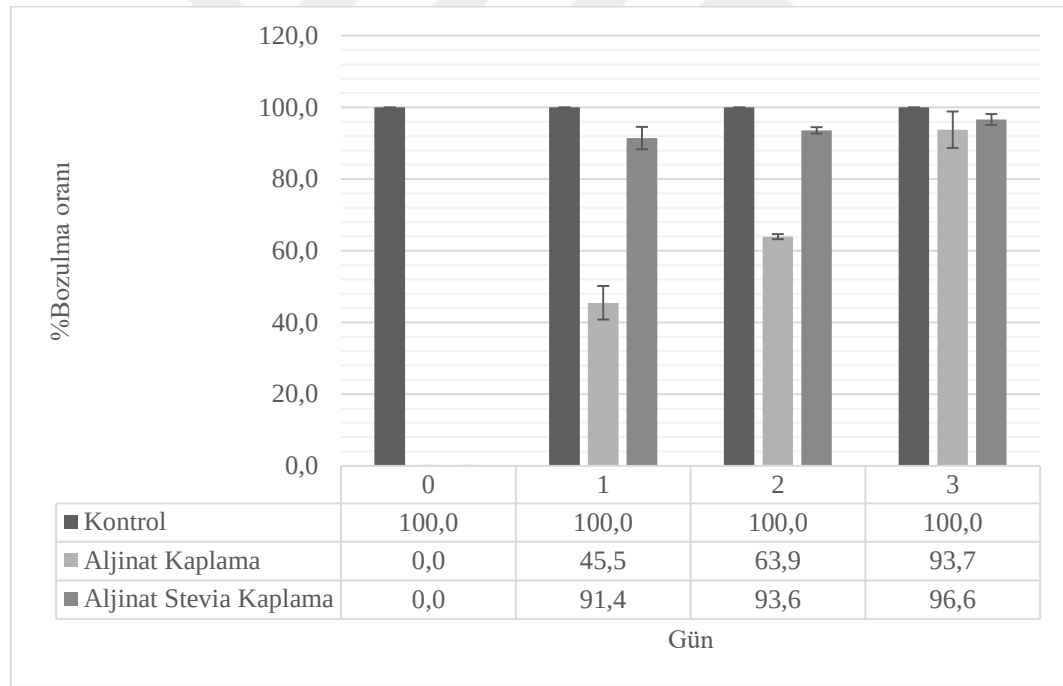
Rössle ve ark. (2011), 14 günlük depolama süresi boyunca tüm örneklerde ağırlık kaybı olduğunu ve kaplanmamış elma dilimleri ve inülin içeren elma dilimlerinin sırasıyla %2.5 ve %3.2 ile en yüksek ağırlık kaybı değerlerine ulaştığını bildirmişlerdir. Ayrıca aljinat kaplı örneklerin ağırlık kayıplarının yaklaşık olarak %1 ile %2 arasında olduğu ve bu durumda aljinat kaplamaların, kontrol grupları ile karşılaştırılan bazı örnekler için etkili bir su buharı bariyeri olduğu belirtilmiştir.

Chiumarelli ve ark. (2011) manyok nişastası ve yenilebilir aljinat kullanımının 6. günden itibaren kesilmiş taze mangoda ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını ve böylece depolama sonundaki değerlerin yaklaşık olarak %6’ ya ulaşmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Tüm örneklerin ağırlık kaybının, kaplamaların nem kaybına ve olgunlaşma sürecine bağlı olarak depolama süresi boyunca arttığı, kaplama formülasyonlarına gliserol ilavesinin, meyve ağırlık kaybı üzerinde önemli ölçüde

farklılık göstermediği belirtilmiştir. Bu davranış, meyve yüzeyi ile temas esnasında çözünen gliserolün yüksek su tutma yeteneğinin bir sonucu olarak ifade edilmiştir.

Ayrıca, ağırlık kaybındaki farklılıklar, polisakaritlerin veya katkı maddelerinin farklı su buharı geçirgenliğine ve yenilebilir kaplamanın formülasyonunda kullanılan konsantrasyonlarına atfedilmektedir (Vargas ve ark., 2008).

Çalışmada bozulma oranları incelendiğinde ise kontrol örneği depolama başlangıcında %100 bozulma göstermiştir (Şekil 4.40). Çünkü elma kesilmesinden hemen sonra enzimatik esmerleşme göstermiştir. SA ve SAS grubu ise ilk gün yaklaşık 9-12 saat yeni kesilmiş taze (enzimatik esmerleşme olmadan) elma görüntüsünü korumuştur. Ancak 24 saat sonrasında polipropilen ambalaj içerisinde büyük miktarda bozulma göstermiştir.



Şekil 4.40. K, SA ve SAS gruplarının %bozulma değerleri

Verilerde görüldüğü üzere 0. gün K, SA ve SAS gruplarının bozulma oranı sırasıyla %100, 0, 0'dır. 1 gün sonrasında ise sırasıyla %100, 45.48, 91.43 olarak tespit edilmiştir. Buradan anlaşılabileceği üzere film kaplama bozulmayı azaltmıştır. Kitosan+stevia grubu ile karşılaştırıldığında ise kitosanın aksine sodyum aljinat+stevia kaplama ile elmaların daha

fazla bozulduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak da SAS grubu elmaların daha yoğun bir film ile kaplanması olduğu düşünülmektedir. Rojas-Graü ve ark. (2008), taze doğranmış Fuji elmalarını aljinat ve jellan gam filmleriyle kaplamıştır. Kontrol grubu 4 günde bozulmasına karşın, kaplanmış elmalarda raf ömrünün 2 haftaya kadar uzatılabildiğini belirlemişlerdir.

Film kaplamalar, elmaların duyuşal (renk) kalitesini depolama süresi sonunda olumsuz etkilemiştir. Ancak elmalar saat bazında ve tüm tazeliğı ile değeriendirildiğinde (enzimatik esmerleşme dahil) film kaplı örneklerin yaklaşık 9-12 saat dayanabildiğı görülmektedir. Bu süre Kİ ile kaplanan elma gruplarından daha fazladır ancak yumuşama görölmesi olumsuz özelliklerinden bir tanesidir. Ayrıca film formölasyonunun enzimatik esmerleşmeyi engelleyici düzeyde değıştirilmesi ile marketlere girebilecek potansiyele sahiptir.

Doku değeri

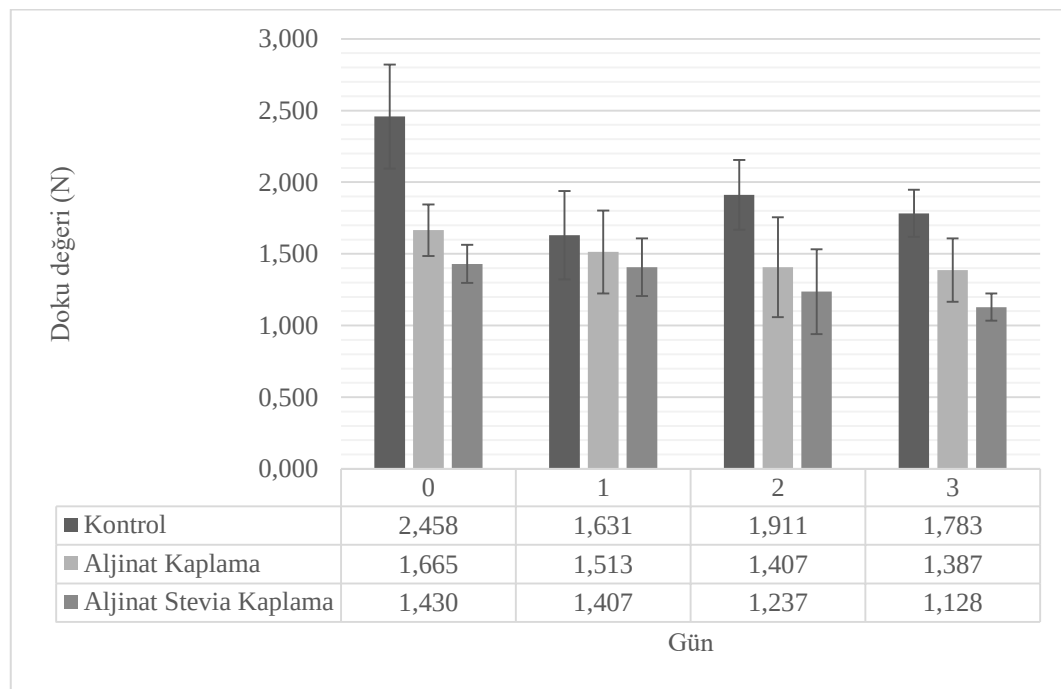
Örneklerin doku değeriindeki değışimlere ilişkin bulgular Şekil 4.41’de verilmiştir.

Film kaplı elma dilimlerinin doku değeri incelenildiğinde ve 0. ile 3. gün arasındaki doku değeri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak kontrol grubunda bir düşüş söz konusudur ve 0. gün ile 3. gün doku değeri arasındaki fark önemlidir ($p\leq 0.05$). Bununla birlikte her üç grup için ortalama doku değeriinde bir düşüş görülmektedir.

Hem sodyum aljinat, hem de sodyum aljinat+stevia ile kaplanan elmalarda, kaplama sonrasında kontrol grubuna göre meyve sertliğinin azaldığı belirlenmiştir. Gün bazında değeriendirildiğinde ise 0. günde kontrol grubu örnekler film kaplı örneklere göre daha yüksek değeri vermiştir ve aralarındaki fark önemlidir ($p\leq 0.05$).

SA ve SAS grubundaki değeri genel olarak karşılaştırıldığında, SAS grubu daha düşük değeri göstermiştir. Buradan anlaşılacağı üzere stevia meyve dokusunu etkilemiş, meyve dokusunun direncini sodyum aljinat kaplamaya göre daha da azaltmıştır. 0. gün/3. gün meyve dokusu değeri kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia için sırasıyla 2.46/1.78, 1.67/1.39 ve 1.43/1.13 olarak bulunmuştur.

Sodyum aljinat filmi kitosanın aksine meyve sertliğini düşürmüştür. Ancak sodyum aljinat filminin neden olduğu bu bariz yumuşama CaCl_2 ilavesi ile giderilebilir. Rojas Grau ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada, kesilmiş taze elmalara uygulanan aljinat veya jellan bazlı yenilebilir kaplamaların, formülasyon içeriğinde 0.025 ml ayçiçeği yağı /100 ml olması durumunda, nem kaybı kontrolünde etkili olduğu belirtilmiştir. Böylece, kaplanmış meyvenin yağa bağlı nem tutma özelliği ile dokuyu koruyabilmiştir.



* n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.41. K, SA ve SAS gruplarının doku değerleri

Rojas Grau ve ark. (2008), ayçiçek yağına ek olarak elmaları %1 N-asetilsistein+%2 CaCl_2 çözeltisine daldırma uygulamışlardır. Çalışmalarında elma dilimlerine uygulanan yenilebilir kaplama kullanımı ile dokunun korunması arasında önemli farklılık tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Tüm depolama süresi boyunca hem aljinat hem de jellan kaplama ile elma dilimlerinin sertliklerinin korunmasında olumlu sonuç aldıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında kaplanmamış elma dilimlerinin sertliğinin, 23 günlük depolama süresi boyunca 10.19'dan 5.30 N'a düştüğünü ve dokuların önemli derecede yumuşama gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte Salvia-Trujillo ve ark. (2015), yenilebilir kaplamaların, limon otu yağı konsantrasyonunun ve de limon otu yağı'nın

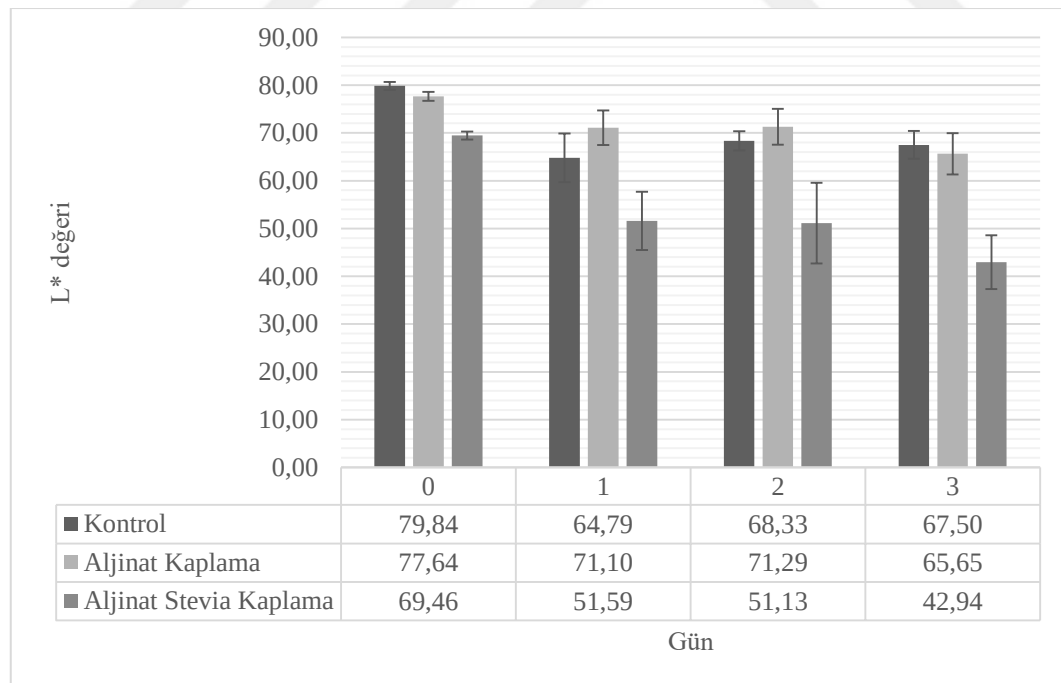
parçacık boyutunun, elma dilimlerinin sertliğine önemli derecede etki ettiğini bildirmiştir. Ayrıca Maftoonazad ve ark. (2008), metil selüloz ve sodyum aljinat kaplamalarının şeftalide doku korunumunda etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Renk değişimleri

Meyve eti L*, a*, b* değerleri

Meyve eti L*, a* ve b* değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Şekil 4.42, 4.43 ve 4.44’de verilmiştir.

Verilere göre depolama süresi sonunda kitosan’da da olduğu gibi K, SA ve SAS gruplarının meyve eti L* değerinde düşüş, a* ve b* değerinde ise artış görülmüştür ve meyve eti L*, a* ve b* değerleri depolama süresi sonunda istatistiksel olarak farklılık göstermiştir ($p \leq 0.05$).



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

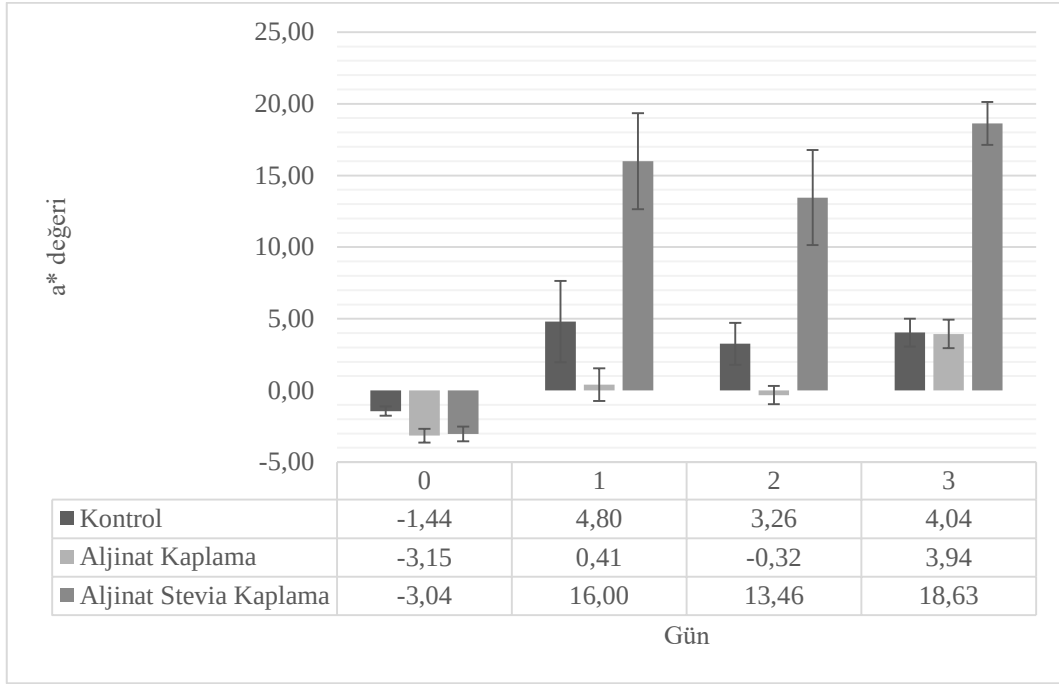
Şekil 4.42. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti L* değerleri

Şekiller incelendiğinde K, SA ve SAS grupları için 0.gün/3. gün L* değerleri; 79.84/67.50, 77.64/65.65 ve 69.46/42.94, a* değerleri -1.44/4.04, -3.15/3.94 ve -3.04/18.63 ve b* değerleri 16.66/35.85, 19.23/54.01 ve 28.01/46.68 olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte sodyum aljinat+stevia kaplı elma dilimlerinin meyve eti L* ve b* değerlerinin diğer gruplardan farklı çıktığı net bir şekilde görülmektedir. Oluşan bu farklılığın film formülasyonunun L* ve b* değerlerinin farklı olmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Bununla birlikte Fontes ve ark. (2008), 9. günden itibaren aljinat kaplamanın kontrol örnek değerlerine kıyasla daha düşük parlaklık değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir ve bu durum aljinat solüsyonunun sarı renginden dolayı düşük L* değerleri göstermesine bağlanmıştır.

Montero-Calder' on ve ark. (2008), kesilmiş taze ananasları kalsiyum klorür içeren sodyum aljinat ile kaplamışlar ve 5 °C 'de 20 gün depolama boyunca L* değerinin %22 oranında, b* değerinin %29 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre L* ve a* değerindeki bu farklılıklar sarı beyaz opak renkten yarı saydam sarı renge dönüşen meyve etinden kaynaklanmaktadır. Bu durumun nedeni olarak da esmerleşme reaksiyonları ve PPO enzim aktivitesi gösterilmiştir (Bierhals ve ark., 2011). Buna karşın Hui-Min ve ark. (2009) sodyum aljinat kaplama ve sodyum aljinatın kullanıldığı diğer kaplamaların L* değerinin düşmesine, a* ve b* değerlerinin ise artmasına neden olduğunu vurgulamıştır.

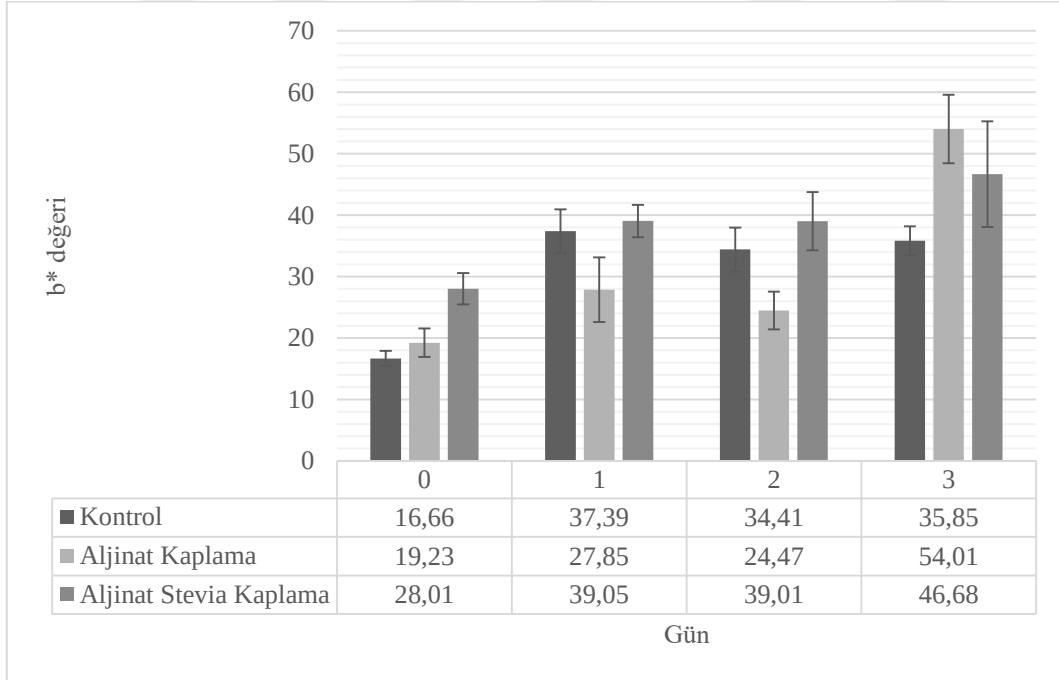
Şekil 4.42'de depolama başlangıcı en düşük meyve eti L* değeri ortalaması SAS grubunda görülmüş olup, K ve SAS arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Ayrıca SA ve K grubu depolama başlangıcı L* değerleri benzerdir. Depolama sonu değerlerinde ise yine en düşük L* değeri SAS grubuna aittir ($p \leq 0.05$).

Şekil 4.43'deki a* değerleri incelendiğinde ise a* değeri 0. günde film kaplı örneklerde çok daha düşüktür. Ayrıca SA grubunda a* değerindeki değişim yavaş seyretmiştir ancak SAS grubu daha 1. günde büyük bir artış göstermiş ve böylelikle K ve SA'ya göre en fazla değişen grup olmuştur.



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.43. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti a* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.44. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti b* değerleri

Ayrıca depolama sonunda film kaplı örneklerin yüksek b^* değerleri gösterdiği tespit edilmiştir. Steva içeren gruplarda b^* değerleri genel itibarıyla yüksek çıkmış ve kontrolün üçüncü gününde bile ulaşılabilen b^* değeri SAS grubunda birinci günde görülmüştür. Bununla birlikte SA grubu üçüncü güne kadar diğer gruplara göre düşük değerler göstermiştir.

Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada filme limon otu yağı (yalancı melisa yağı) eklenmiş ve olumlu sonuç alındığı bildirilmiştir. Yenilebilir kaplamalara katılan limon otu yağı konsantrasyonu, soğukta depolanan kesilmiş taze Fuji elmaların rengini (L^* ve hue parametreleri) önemli ölçüde etkilemiştir. Kaplanmamış veya sodyum aljinat ile kaplanmış elma dilimlerinin L^* ve hue açısı değerlerinin, soğukta depolamanın 15 günü boyunca hemen hemen sabit kaldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, depolama süresince limon otu yağı içeren emülsiyonlar veya nanoemülsiyonlarla kaplanan elma parçalarının L^* ve hue değerlerinin kademeli olarak düştüğü gözlenmiştir. Bu anlamda, yenilebilir kaplamaların formülasyonunda kullanılan limon otu yağı konsantrasyonu arttıkça, elma eti renginin de koyulaştığı ifade edilmiştir. Bu sonuçlara benzer şekilde bazı araştırmacılar, tokoferol ve ksantan gam ilave edilen nano kaplamalar kullanarak, kesilmiş taze elmaların renginin daha iyi muhafaza edilebileceğini bildirmiştir (Zambrano-Zaragoza ve ark., 2014a,b).

Moreira ve ark. (2015) L^* değerlerinin, pektin kaplı elma örnekleri hariç olmak üzere, tüm durumlarda (aljinat ve jellan gam kaplı ve kontrol) ve özellikle depolamanın 8. gün sonrasında azalma gösterdiğini, yenilebilir kaplamaların kullanımının, taze kesilmiş elmaların L^* ve hue renk parametrelerini genellikle önemli derecede ($p < 0.05$) etkilediğini belirtmişlerdir.

Meyve eti ΔE , ΔC , Hue açısı değerleri

Meyve eti ΔE , ΔC , hue açısı değerlerindeki değişimlere ilişkin bulgular Çizelge 4.25, 4.26, 4.27’de verilmiştir. Hesaplamalar, kontrol grubunun L^* , a^* ve b^* değerleri referans alınarak yapılmıştır.

Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia gruplarının meyve eti ΔE ve ΔC değeri değerlendirildiğinde tüm grupların meyve eti ΔE ve ΔC değerlerinde artış gözlenmiştir ve depolamanın ilk günleri ile son günleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.23’de görüldüğü gibi 0. gün SAS grubunun ΔE ve ΔC değeri diğer gruplardan yüksektir. Bu farklılık stevianın kendine has olan renginden kaynaklanmaktadır. SA ve SAS grubunun 0. gün ΔE değeri sırasıyla 7.30 ve 15.46, ΔC değeri sırasıyla 3.11 ve 11.46’dır.

Çizelge 4.25. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti ΔE değerleri

Grup	Meyve Eti ΔE Değerleri			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00 $\pm$ 1 ^{aA}	26.37 $\pm$ 2 ^{bA}	21.72 $\pm$ 2 ^{bA}	23.75 $\pm$ 2 ^{bA}
Aljinat Kaplama	7.30 $\pm$ 5 ^{aB}	22.39 $\pm$ 9 ^{bA}	20.22 $\pm$ 9 ^{bA}	62.75 $\pm$ 7 ^{cB}
Aljinat+Stevia Kaplama	15.46 $\pm$ 1 ^{aC}	40.86 $\pm$ 2 ^{bB}	36.75 $\pm$ 5 ^{bB}	53.93 $\pm$ 10 ^{cB}

* n=4, ($\pm$ standart sapma), ^{a,b,...} ≤ 0.05 , sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤ 0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Tüm grupların 3. gün ΔE ve ΔC değerleri incelendiğinde film kaplı grupların kontrol grubuna göre yüksek bir değer gösterdiği görülmektedir ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Ayrıca kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia grupları için ΔE değerleri sırasıyla 23.75, 62.75, 53.93 ve ΔC değerleri sırasıyla 20.18, 55.51, 37.31 olarak tespit edilmiştir. Verilerde görüldüğü üzere en büyük renk farklılığı SAS grubunda görülmüştür ve SAS grubu depolama boyunca bu farklılığı sürdürmüştür.

Kontrol ve SAS gruplarının meyve eti hue açısı değerlerinde düşüş gözlenmiştir ve depolamanın ilk günleri ile son günleri arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Ancak SA grubunun hue açısı değeri 1. gün yükselmiş, daha sonra bir düşüş göstermiştir.

Çizelge 4.26. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti ΔC değerleri

Meyve Eti ΔC Değerleri				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	0.00±1 ^{aA}	21.66±2 ^{bA}	18.39± ^{bA}	20.18±1 ^{bA}
Aljinat Kaplama	3.11± ^{aB}	10.31±3 ^{bB}	7.89±3 ^{bB}	55.51±0 ^{cC}
Aljinat+Stevia Kaplama	11.46±1 ^{aC}	27.69±1 ^{bC}	25.21±0 ^{bC}	37.31±8 ^{cB}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

SAS grubu örneklerin 3. gün hue açısı değeri diğer gruplara göre düşük çıkmıştır. Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia örneklerinin 3. gün değerleri sırasıyla 82.93, 86.11 ve 67.53'dür ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemlidir ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.27. K, SA ve SAS gruplarının meyve eti hue açısı değerleri

Meyve Eti Hue Açısı				
Grup	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	85.05±1 ^{aC}	82.71±2 ^{aB}	84.58±0 ^{aB}	82.93±0 ^{aB}
Aljinat Kaplama	80.55±1 ^{aA}	88.94±1 ^{bC}	89.32±1 ^{bC}	86.11±1 ^{bC}
Aljinat+Stevia Kaplama	83.80±1 ^{cB}	70.34±3 ^{abA}	75.16±3 ^{bA}	67.53±2 ^{aA}

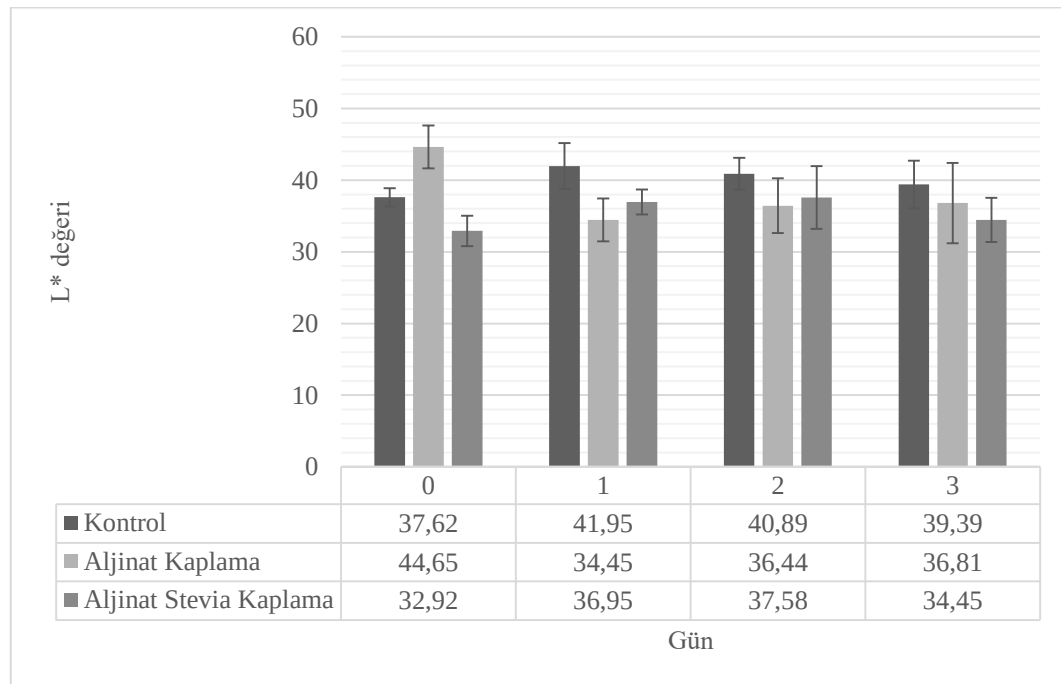
* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...} ≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C} ≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Chiumarelli ve ark. (2011), ΔC değerleri ile ilgili olarak, manyok nişastas ve aljinat kaplamaların kullanımının mangolarda renk yoğunluğunu etkilemediğini ve depolama süresinin tüm işlemler için önemli bir etkiye ($p \leq 0.05$) sahip olduğunu ve depolama boyunca ΔC değerinde bir azalma olduğunu belirtmiştir. Sitrik asit+aljinat ve sitrik asit+aljinat+gliserol örneklerinin ΔC değerlerinin, 6. günden itibaren anlamlı şekilde azaldığını ifade etmişlerdir. Aljinat solüsyon renginin muhtemelen ΔC parametresini

etkilediğini ve bu polisakaritle kaplanan numuneler için daha düşük değerler elde edildiğini belirtmişlerdir. Kontrol, sitrik asit+aljinat ve sitrik asit+aljinat+gliserol örnekleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek L^* , ΔC ve hue açısı değerleri olan mango dilimleri elde edildiğini ve L^* değerinin depolama sırasında tüm uygulamalar için anlamlı olarak azaldığını belirtmişlerdir ($p \leq 0.05$). Kontrol numunelerinin, depolama bitiminde en düşük L^* değerleri verdiğini ve bununla birlikte sitrik asit daldırma işlemine rağmen sitrik asit+aljinat ve sitrik asit+aljinat+gliserol örnekleri arasında 6. günden 15. güne kadar daha düşük parlaklık değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.

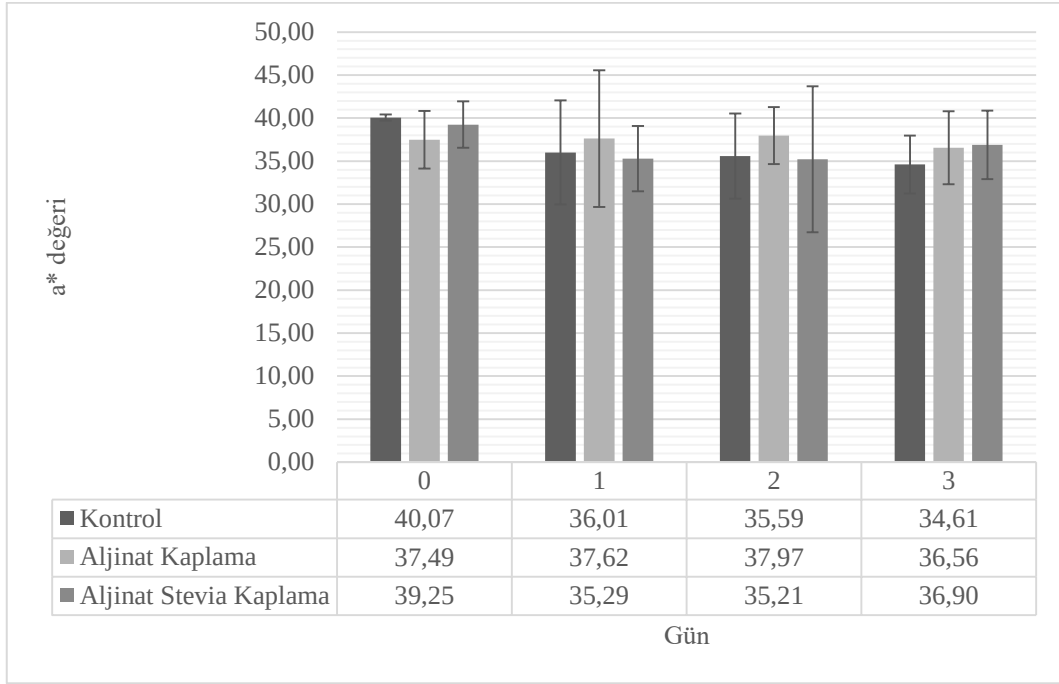
Meyve kabuğu L^* , a^* , b^* değerleri

Meyve kabuğu L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla Şekil 4.45, 4.46 ve 4.47’de verilmiştir. Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia grupları depolama boyunca değerlendirildiğinde, tüm grupların meyve kabuğu L^* , a^* , b^* değerleri düzenli bir eğilim göstermemiş ve depolamanın ilk günleri ile son günleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).



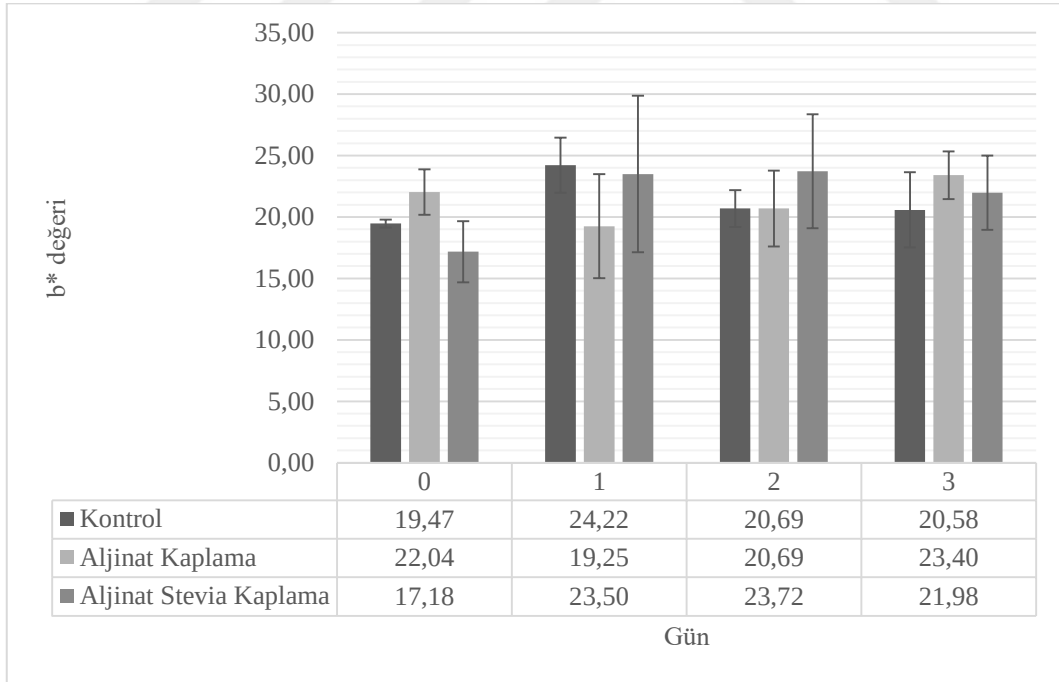
* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.45. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu L^* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.46. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu a* değerleri



* n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.47. K, SA ve SAS gruplarının meyve kabuğu b* değerleri

Duyusal analiz bulguları

Genel itibarıyla tüketiciler, SA ile kaplanmış elmaların tatlılık, ekşilik ve elma aromasının, kontrol ile benzerlik gösterdiğini belirtmişlerdir ($p>0.05$). Bununla birlikte panalistler kontrol grubundan sertlik ve gevreklik özellikleri bakımından farklı olduğunu belirtmişlerdir ($p\leq 0.05$). SA grubunun kontrole göre biraz daha yumuşak bir dokuda olduğunu, elma dışındaki filmin hissedildiğini ve yapışkanimsi bir his verdiğini, bunun kabul edilebilirliği etkilediğini ifade etmişlerdir ($p\leq 0.05$). SAS gruplarının ise kabul edilebilirliğinin çok daha düşük olduğunu çünkü film tabakasının SA'dan bile fazla hissedildiğini, SA'ya göre daha yapışkan olduğunu ayrıca stevia'nın kokusu, tadı ve renginin belirgin olduğunu vurgulamışlardır ($p\leq 0.05$). Stevia KİS'de olduğu gibi tatlılık ekşilik, elma aroması ve kabul edilebilirliği etkilemiştir. Ayrıca bu değerler sırasıyla 3.3, 0.9, 2.6 ve 1.1p olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. K, SA ve SAS gruplarının depolama başlangıcı duyu analiz değerleri

Duyusal Gıda Analizi						
Grup	Tatlılık	Ekşilik	Elma aroması	Gevreklik	Sertlik	Kabul edilebilirlik
Kontrol	4.8±0.4 ^B	0.4±0.7 ^A	4.7±0.5 ^B	4.1±0.3 ^B	3.3±0.8 ^B	4.8±0.4 ^B
SA Kaplama	4.4±0.5 ^B	0.2±0.4 ^A	4.3±0.5 ^B	3.4±0.5 ^A	2.7±0.7 ^A	3.9±0.6 ^B
SAS Kaplama	3.3±0.5 ^A	0.9±0.9 ^A	2.6±0.5 ^A	3.3±0.7 ^A	2.2±0.7 ^A	1.1±0.8 ^A

*n=9, (±standart sapma), ^{A,B,C}≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Guerreiro ve ark. (2016), 4 °C'de 7 gün depolamadan sonra tüm uygulamaların iyi bir duyu beğeni sergilediğini belirtmiştir (beğeni derecesine göre 1'den 7'ye kadar olan bir skalada >3.5). Tat paneli değerlendirilmesi sonrası genel olarak beğenilip puan alan uygulamaları, %0.1 ya da %2 öjenol içeren sodyum aljinat veya pektin olarak rapor etmişlerdir. Kullanılan sodyum aljinat veya pektin konsantrasyonlarının (%1 veya %2), tat paneli puanlarını etkilemediğini ifade etmişlerdir. Azarakhsh ve ark. (2014)'na göre; limon otunun (yalancı melisa) 0.3 g/100 ml'ye kadar düşük konsantrasyonlarda aljinat bazlı film formülasyonuna dâhil edilmesi, kaplanmış numunelerin duyu özelliklerine

etki etmemiştir. Bununla birlikte, 0.5 g/100 ml limon otu ilavesi, kaplanmış numunelerin duyuusal özelliklerini etkilemiştir.

Nisperos-Carriedo (1994) tarafından yapılan çalışmada ise, kesilerek aljinat film ile kaplanmış greyfurt parçalarında sızma, büzülme ve lezzet değişimlerinin kontrol örneklerine oranla daha az görüldüğü rapor edilmiştir.

Mikrobiyolojik bulgular

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı, toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayımı ve toplam maya küf sayımı (TMK) sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir.

TMAB, TPAB ve TMK sonuçları

Kontrol, SA ve SAS gruplarının üç gün depolanması sırasında elde edilen verilerde 0. günde kontrol, SA ve SAS gruplarının her üçünde de TMAB tespit edilebilir miktarın (<2 log kob/g) altında bulunmuştur (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. K, SA ve SAS gruplarının TMAB sonuçları (log kob/g)

Grup	TMAB sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	2.54±0.5 ^{bA}	3.31±0.01 ^{cA}
Aljinat Kaplama	<2 ^{aA}	2.92±0.10 ^{bB}	3.14±0.23 ^{bA}	3.27±0.25 ^{bA}
Aljinat+Stevia Kaplama	<2 ^{aA}	2.71±0.22 ^{bB}	3.08±0.20 ^{bcA}	3.54±0.28 ^{cA}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b...}≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C}≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir. <2 tespit edilebilir miktarın altında bulunmuştur.

K, SA ve SAS grupları için ölçülen değerler sırasıyla 3.31, 3.27 ve 3.54 log kob/g olarak bulgulanmıştır. SA ve SAS gruplarında TMAB 1. gün tespit edilebilirken, kontrol

grubunda 2. gün tespit edilmiştir. Bununla birlikte her üç grubun 3. gün TMAB sayısı arasında istatistiki olarak bir fark yoktur ($p>0.05$). Bu sonuç Guerreiro ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma ile benzer sonuç göstermiştir. Aerobik mezofilik mikroorganizmaların sayısını kontrol örnekleri için 3.81 log kob/g, %1 sodyum aljinat+%0.3 sitral örnekler için 3.74 log kob/g olarak belirlenmiş ve aralarında fark olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte Moreira ve ark. (2015), taze kesilmiş elmalar üzerine uygulanan jellan gam kaplamalarının, kaplanmamış, aljinatla kaplanmış ve pektin kaplı elma parçalarına kıyasla, mezofilik ve psikrofilik sayımların azaltılmasında belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.30. K, SA ve SAS gruplarının TPAB sonuçları (log kob/g)

Grup	TPAB sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}
Aljinat Kaplama	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}
Aljinat+Stevia Kaplama	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}	<2 ^{aA}

* n=4, (±standart sapma), ^{a,b,...}≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C}≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir. <2 tespit edilebilir miktarın altında bulunmuştur.

Kontrol, sodyum aljinat ve sodyum aljinat+stevia gruplarının üç gün depolanması ile elde edilen verilerde TPAB tespit edilebilir miktarın (<2 log kob/g) altında bulunmuştur. TPAB ile ilgili olarak elde edilen veriler Çizelge 4.30’da verilmiştir.

TMK sayısındaki değişimlere ait değerler ise Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Kontrol, SA ve SAS gruplarının depolama başlangıcı ve sonu TMK sayısı sırasıyla 2.58 ve 3.44 log kob/g, 3.72 ve 3.86 log kob/g ve 3.06 ve 3.72 log kob/g olarak belirlenmiştir.

Depolama başlangıç değerleri dikkate alındığında sodyum aljinat kaplamaların TMK değeri K ve SAS’ya göre yüksek çıkmış ve bu fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur

($p \leq 0.05$). Bununla birlikte sıfırıncı günde SA ve SAS grubu karşılaştırıldığında SAS grubu SA'ya göre düşük değer göstermiştir ($p \leq 0.05$). Ayrıca sodyum aljinat verilerinin depolama sonu çok daha düşük olması beklenilmektedir. Çünkü küfler aerop mikroorganizmalardır ve film kaplama bilindiği üzere oksijen bariyeri olarak görev yapmaktadır. Elde edilen verilerde ise depolama sonunda K ile SAS grubu arasında, SAS grubu ile SA grubu arasında fark olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 4.31. K, SA ve SAS gruplarının TMK sonuçları (log kob/g)

Grup	TMK sayısı (log kob/g)			
	Muhafaza Süresi (Gün)			
	0	1	2	3
Kontrol	2.58±0.12 ^{aA}	3.21±0.05 ^{bcA}	3.12±0.01 ^{bA}	3.44±0.23 ^{cA}
Aljinat Kaplama	3.72±0.00 ^{aC}	3.73±0.6 ^{aC}	3.70±0.19 ^{aB}	3.86±0.15 ^{aB}
Aljinat+Stevia Kaplama	3.06±0.12 ^{aB}	3.45±0.6 ^{abB}	3.75±0.27 ^{bbB}	3.72±0.23 ^{bAB}

*n=4, (±standart sapma), ^{a,b,...}≤0.05, sırasıyla aynı satırdaki, ^{A,B,C}≤0.05 sırasıyla aynı sütundaki farkları ifade etmektedir.

Depolama başlangıcı ile depolama sonu gelişim evreleri değerlendirildiğinde kontrol ve SAS grubunda küf gelişimi görülmüş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Bu durumda SAS ile kaplanan filmlerin beklenenin dışında seyreltmesi yani oksijenin kesilmesi durumunda bile kontrol ile aynı şekilde davranması SAS filminin küf gelişimini artırdığı düşüncesine itmektedir. Bununla birlikte kitosanda tam tersi seyrettiği görülmüş ve stevianın antimikrobiyal etkisi ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle bu durum sodyum aljinatın hidrofobik özelliği ile ilişkilendirilebilir. Nitekim ürünün yumuşaması, yani doku kaybı görülmesi bu sonucu destekleyebilir. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda ise sodyum aljinatın davranışı ile ilgili net ifadelerde bulunmak doğru değildir. Nitekim sodyum aljinatın mikroorganizmalar üzerindeki etkisi tartışma konusudur. Bununla ilgili olarak, Ragaert ve ark. (2011), aljinat kaplamaların inhibitör etkisinin bulunmadığını hatta doğranmış taze meyve ve sebzelerin raf ömrü sınırından bile daha fazla olduğunu belirtmiştir. Bunun aksine Rojas-Graü ve ark. (2008),

aljinatla kaplanan doğranmış taze elmaların, kontrol örneklerine göre daha düşük değerler gösterdiğini rapor etmiştir.

Guerreiro ve ark. (2015) tarafından maya-küf sayılarının, hem sodyum aljinat hem de pektin bazlı yenilebilir kaplamalardaki kontrol ve kontrol+suda anlamlı derecede daha yüksek çıktığı, 14 günlük raf ömrü sonunda yalnızca %1 sodyum aljinat+%0.3 sitral'in kontrol (2.90 log kob/g) 'ya benzer maya ve küf sayıları (2.95 log kob/g) gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca uçucu yağ bileşenleri eklenmesinin hem sodyum aljinat hem de pektin bazlı yenilebilir kaplamalarda mikrobiyal sayımları azalttığı ifade edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresi boyunca psikrotrofik bakteri büyümesi gözlemlenmemiştir.

Azarakhsh ve ark. (2014)'na göre; depolama süresi boyunca kaplanmamış (kontrol) ve diğer kaplamalar mikrobiyal popülasyonu azaltmada başarısızken, limon otu yağı+aljinat bazlı kaplama formülasyonu, kesilmiş taze ananastaki toplam canlı belirgin bir şekilde azaltmıştır. Raybaudi-Massilia ve ark. (2008) ve Rojas-Grau ve ark. (2007), aljinatın mikrobiyal azalma üzerine hiçbir etkisinin olmadığını, ancak bazı esansiyel yağlar veya bunların aktif bileşenleri eklendiğinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. RojasGrau ve ark. (2007), aljinat kaplamanın tek başına kesilmiş taze 'Fuji' elmalarında psikrofilik aerobik bakteri veya maya-küf sayılarını azaltmadığını vurgulamışlardır.

Oms-Oliu ve ark. (2008a), kaplanmış ve kaplanmamış kavun dilimleri arasında maya ve küf sayısı bakımından önemli bir farklılık olmadığını bildirmiştir ($p>0.05$). Öte yandan, yenilebilir kaplamaların aerobik psikrofilik mikroorganizmaların gelişmesini önemli lde etkilediğini ($p<0.05$) hem kaplanmamış ve hem de aljinat veya pektinle kaplı örneklerdeki sayıların, depolama bitiminde 7 log kob/g'mı aştığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu değerin depolamanın ikinci haftası boyunca, hazır gıdaların hijyen süreci, dağıtımı ve ticareti ile ilgili olarak İspanyol yönetmeliğinde belirtilen (RD 3484/2000), 7 log kob/g'lık sınırının üzerinde olduğu vurgulanmıştır.

5. SONUÇ

Film formülasyon denemelerinde; Kİ ve KİS için %0.75, SA ve SAS için %1.25 film oranı belirlenmiştir. Film formülasyonlarında kullanılan stevia, film rengini ve kokusunu olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle stevia uygulanırken stevia rengine uygun bir meyve seçilebilir ya da stevia renk ve kokusundan arındırılabilir. Ayrıca SA ve SAS için gliserol oranı %10 olarak belirlenmiştir.

Hazırlanan film konsantrasyonlarına daldırılan elmalar kontrol grubuna kıyasla daha fazla enzimatik reaksiyona uğramıştır. Stevia içeren filmler daha fazla esmerleşme göstermiştir. Bu nedenle film formülasyonlarına %2 askorbik asit eklenmiştir. Bununla birlikte yapının daha iyi korunması ve enzimatik esmerleşmenin önlenmesi için CaCl_2 ilavesine gidilebilir. Ayrıca filme uygulanan UD işlemi film yapısını olumlu etkilemiş ve daha homojen bir yapı oluşturmuştur.

Daldırma süresinin tespiti üzerine yapılan çalışmalarda ise, Kİ ve KİS için daldırma süresinin etkili olmadığı, SA ve SAS için 30 dak daldırma süresinin olumlu sonuç verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle her iki film grubu için 30 dak daldırma süresi uygulanmıştır.

Kurutma süresi Kİ ve KİS için 60 dak, SA ve SAS için 120 dak tespit edilmiştir. Kurutma şartları ve süresi enzimaik esmerleşmeyi etkilemiştir. Bununla birlikte yenilebilir filmlerin kurutulması ve kurutulmasında kullanılacak olan kurutucunun dizaynı üzerine dataylı olarak çalışılabilir.

Elmaların PP (30 μm) ve PE (30 μm) ile 8 gün depolanması sonucunda PP ile ambalajlanan elmalarda PE ile ambalajlanan elmalara kıyasla ortalama değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu nedenle çalışmada PP (30 μm) ambalaj materyali tercih edilmiştir. Ancak film ile kaplanmış olan elmalar yavaş solunum yaptığı için ambalaj içi denge gaz bileşimi yeterince oluşmamış, oluşan modifikasyon yavaş gerçekleşmiştir. Bu noktada aktif MAP ile farklı ambalaj materyallerinin veya aynı ambalaj materyallerinin farklı gözenek ölçülerinde nasıl davranacağı, depolama ömrünü nasıl etkileyeceği üzerine farklı

alışmalar yapılabilir. Ayrıca depolama periyodu içerisinde kaplanmış elmaların raf ömrü 3 gün olarak belirlenmiştir. Bu süre ise belirtilen öneriler doğrultusunda arttırılabilir.

Çalışmada filmlerin kontrol gruplarının enzim aktivitesi film kaplı gruplara göre yüksek çıkmıştır ($p \leq 0.05$). Film kaplamalarının enzim aktivitesini sınırlandırmasının en önemli sebebi oksijen bariyeri olarak davranması ve içerisinde bulunan ve antioksidan bir ajan olan askorbik asittir. Ayrıca kaplamalar kendi kontrol gruplarına göre değerlendirildiğinde Kİ ve KİS grubundaki baskılama oranı, SA ve SAS'a göre fazladır. 3. günün sonunda KİS grubunda enzim aktivitesi önemli derecede artmış ($p \leq 0.05$), Kİ, SA ve SAS gruplarındaki değişim önemli olmamıştır ($p > 0.05$).

Elde edilen verilerde film kaplı Amasya çeşidi elmaların kontrol grubuna göre fenolik madde miktarları yüksek çıkmıştır ($p \leq 0.05$). Bununla birlikte PPO enzim aktivitesi ve ışık gibi etkenler nedeniyle hem kaplanmış gruplarda hem de kaplanmamış gruplarda toplam fenolik madde içeriği depolama süresi sonunda azalmıştır. Bu çalışmada stevia, SA'nın başlangıç fenolik miktarına artırmıştır ($p \leq 0.05$). Ancak Kİ grubunda başlangıç fenolik madde içeriğini düşürmüştür ($p \leq 0.05$). Depolamanın sonunda SAS grubu SA'ya göre yüksek değer verirken ($p \leq 0.05$), KİS grubu, Kİ grubunda benzer değerler vermiştir ($p > 0.05$).

Film kaplı örnekler ve kontrol gruplarının antioksidan kapasite değerleri depolama sonunda düşüş göstermiştir ($p \leq 0.05$). Ayrıca film kaplı örneklerin kontrol grubuna göre antioksidan kapasite değerleri yüksek bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Buna etken olarak film içerisine eklenen askorbik asit gösterilebilir. Ayrıca depolama antioksidan kapasite değeri SAS grubunda yüksek ($p \leq 0.05$), KİS grubunda ise ortalama değeri yüksek ancak istatistiki olarak önemli bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). Bunun nedeni olarak da stevia içerisindeki fenolikler ve bunların askorbik asit ile olan sinerjik etkisi gösterilebilir.

Beş grubun 24 saat sonunda solunum hızları belirlenmiştir. Her iki film kaplama ve stevia içeren kombinasyonlarının solunum hızını azalttığı ve en düşük solunum hızı gösteren grubun KİS grubu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca paket içi gaz atmosferi depolama boyunca değişkenlik göstermiş, depolama süresinin kısa olması nedeniyle paket içi denge gaz bileşimi yeterince oluşmamıştır.

K, Kİ ve KİS gruplarının depolama başlangıç ve bitiş pH değerleri arasında fark yoktur ($p>0.05$). Bununla birlikte K, SA ve SAS grubunun depolama sonunda pH değerleri artmıştır ($p\leq 0.05$). Ayrıca film kaplı örneklerin pH değeri kontrol gruplarına göre düşüktür ($p\leq 0.05$).

K, Kİ ve KİS gruplarının depolama sonunda titrasyon asitliği değerleri kontrol grubunda önemli olmayıp ($p>0.05$), Kİ ve KİS gruplarında azalmıştır ($p\leq 0.05$). Benzer şekilde K, SA ve SAS gruplarının depolama sonunda titrasyon asitliği değerleri azalmıştır ($p\leq 0.05$). Ayrıca, hem Kİ ve KİS hem de SA ve SAS, kontrol grubuna göre daha düşük titrasyon asitliği göstermiştir ($p\leq 0.05$) ve bu düşüş Kİ ve KİS’de daha fazladır. Film formülasyonlarının asitlik derecesinin düşük olması bu titrasyon asitliğini ve pH değerini etkilemiş olabilir. Bununla birlikte her iki film ve stevia içeren formülasyonları arasında titrasyon asitliği bakımından bir farklılık yoktur ($p>0.05$).

Depolama sonunda film kaplı örnekler kaplanmayan örneklerle göre daha yüksek KM ve SÇKM değerleri göstermiştir ($p\leq 0.05$). Ayrıca film kaplı örneklerin depolama sonunda KM ve SÇKM miktarları artmıştır ($p\leq 0.05$). Bu değişimler solunum ile ilişkilendirilmiştir.

Kitosan ve sodyum aljinat gruplarının depolama başlangıç ve sonundaki su aktivitesi değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). KİS ve SAS kaplamalı elma dilimlerinin su aktivitesi değerlerinde düşme görülmüştür ($p\leq 0.05$). Genel olarak değerlendirildiğinde, kitosan filmi su aktivitesi kontrol grubuna göre yüksek, sodyum aljinat filmi su aktivitesi kontrol grubuna göre düşük belirlenmiştir. Ayrıca stevia, kitosan filmi uygulamasında su aktivitesi değerini arttırmış, sodyum aljinat uygulamasında ise düşürmüştür.

Film kaplı örnekler ve kontrol elma dilimlerinin ağırlık kaybında değişim görülmemiştir. Belirlenen depolama süresi sonunda ağırlık kaybının %4-6 ticari kayıp sınırının altında olması umut vericidir. Ayrıca film kaplı örneklerin kontrol grubundan çok sonra

bozulması, kaplamaların raf ömrü çalışmalarıyla daha uzun sürelerde saklanabileceğinin ve ticari değere sahip olabileceğinin göstergesidir.

Buna ek olarak kitosan kaplama meyve sertliğini olumlu yönde etkilerken sodyum aljinat olumsuz yönde etkilemiş ve elmanın yumuşamasına neden olmuştur. Ancak bu durumun CaCl_2 ile giderilebileceği düşünülmektedir.

L^* , a^* ve b^* değerinde görülen en fazla değişim 0. gün ile 1. gün arasında olmuştur. 0. günde K ve Kİ'ye kıyasla KİS grupları; K ve SA kıyasla SAS grupları en yüksek L değerini ve en düşük a^* ve b^* değerlerini göstermiştir. Çünkü stevia, kaplanmış elmalara kendine özgü rengini vermiştir. Bununla birlikte 3. günde kontrol grubu her iki film uygulaması için de en yüksek L^* değerini göstermiştir. 0. gün ΔE ve ΔC değerleri incelendiğinde, stevia içeren örneklerin stevia içermeyen örneklere kıyasla ΔE ve ΔC değerleri daha yüksek çıkmıştır. ΔE ve ΔC değeri 3. gün depolama sonunda tüm gruplarda artmıştır. Ayrıca depolama sonunda en düşük ΔE ve ΔC değerleri kontrol grubunda görülmüştür. Hue açısı değerleri ise 3. gün sonunda genel itibarıyla düşmüştür. Depolama süresi sonunda film kaplı gruplarda kontrol grubuna kıyasla daha fazla enzimatik esmerleşme görülmüştür.

Meyve kabuğu L^* , a^* ve b^* değerleri hem kaplanmış hem de kaplanmamış gruplarda düzenli bir eğilim göstermemiştir. Çünkü kullanılan elmaların meyve kabuğu rengi her bir elma için farklılık göstermektedir.

Duyusal olarak değerlendirildiğinde kitosan kaplı elmaların normal Amasya elmasından ekşi olduğu ancak ekşi elma sevenler tarafından kabul edilebileceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kontrol grubu elmaların tadına en yakın grubun SA kaplı elma grubu olduğu ifade edilmiş, ancak dokusu yumuşak ve yapışkanimsi bulunmuştur. Bununla birlikte dokunun yumuşaması önlediği takdirde kabul edilebilirliğinin çok daha yüksek olabileceği düşünülmektedir. Stevia içeren filmlerde ise, özellikle SAS grubu kabul edilebilir görülmemiştir. Stevia'nın renk, koku ve buruk tadının belirgin bir şekilde hissedildiği tüketiciler tarafından vurgulanmıştır.

Mikrobiyolojik analiz verileri değerlendirildiğinde; TMAB K grubunda yalnızca depolama sonunda tespit edilirken, Kİ ve KİS grubunda depolama süresince tespit edilebilir limitin (<2) altında bulunmuştur. K, SA ve SAS gruplarında ise birbiri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak depolama süresince her üç grubun TMAB miktarları artış göstermiştir ($p\leq 0.05$). Bununla birlikte K, Kİ ve KİS ile K, SA ve SAS gruplarının tümünde TPAB sayısı tespit edilebilir limitin altında bulunmuştur. TMK sayısı değerlendirildiğinde depolama boyunca $KİS < Kİ < K$ şeklinde belirlenmiştir ($p\leq 0.05$). Bununla birlikte K, SA ve SAS gruplarının TMK sonuçları değerlendirildiğinde SA ve SAS, kontrolden yüksek değerler vermiştir ($p\leq 0.05$). Ancak SA ve SAS arasında fark görülmemiştir ($p<0.05$). Ayrıca depolama boyunca K ve Kİ ve SAS gruplarında artış görülmüştür ($p\leq 0.05$). Bu sonuçlar doğrultusunda kitosan, TMAB ve TMK sayıları bakımından sodyum aljinata göre etkilidir.

Genel değerlendirme yapıldığında kitosan mikrobiyolojik ve doku olarak sodyum aljinattan, sodyum aljinat ise duyusal analiz ve bozulma oranı olarak kitosandan daha iyidir. Ayrıca stevia enzim aktivitesini sınırlandırılmasında, fenolik ve antioksidan kapasitenin arttırılmasında pozitif etki etmiştir. Ancak duyusal kaliteyi düşürmüştür.

Sonuç olarak film kaplama umut vaat etmektedir. Her ne kadar filmlerin bazı olumsuz özellikleri görülse de bu eksiklikler üzerine yapılacak olan tamamlayıcı çalışmalar ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Tez kapsamında kullanılan pasif MAP yerine aktif MAP tercih edilebilir. Bununla birlikte kalite özelliklerini korumak için yardımcı katkı madde ilavesine gidilebilir ($CaCl_2$ vb.). Bu tez çalışmasının verileri genel olarak değerlendirildiğinde, filmlerin otel mutfakları, yemek firmaları vb. gibi gün içerisinde taze tutmaya yönelik ticari işletmelerde kullanılma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak bu tamamlayıcı çalışmalar ile raf ömrü uzatılarak marketlere ve okul kantinlerine de girebilir. Bununla birlikte ileriki çalışmalar ile geliştirilen yemeye hazır ürünlerin tüketici açısından çok daha pratik ve diğer birçok aparatif yemeye hazır gıdalara göre çok daha besleyici ve sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abacı, Z.T., Sevindik, E., 2014. Ardahan bölgesinde yetiştirilen elma çeşitlerinin biyoaktif bileşiklerinin ve toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 175-184.
- Aday, M.S., 2008. Farklı Kaplama Materyallerinin Kiraz Kalitesi ve Tüketici İstekleri Üzerine Etkisinin Kinetik Modellemeye Dayanarak Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), 18 Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Aday, M.S., 2011. Aktif Ambalajlama ve Yeni Muhafaza Yöntemleri ile Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması. (Doktora Tezi), 18 Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Agulló, E., Rodriguez, M.S., Ramos, V., Albertengo, L., 2003. Present and future role of chitin and chitosan in food. *Macromol Bioscience*, 3, 521-530.
- Aharoni, Y., Barkai-Golan, R., 1987. Pre-harvest fungicide sprays and polyvinyl wraps to control botrytis rot and prolong post harvest storage life of strawberries. *Journal of Horticultural Science*, 62, 175-180.
- Akgündoğdu, Ş., 2010. Çanakkale Yöresinde Yetiştirilen Eşme Ayva Çeşidinde Hasat Sonrası 1– Methylcyclop Ropane Uygulamalarının Meyve Kalitesine Olan Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Ali, A., Mahmud, T.M.M., Kamaruzaman, S., Yasmeen, S., 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124, 620-626.
- Altuğ, T., Elmacı, Y., 2005. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, 130 s, Bornova-İzmir.
- Zorba, M., 2006. Gamlar. *Gıda Katkı Maddeleri*, Editör: T. Altuğ. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, Bornova-İzmir, 77-104.
- Altunkaya, A., 2009. Meyve ve Sebzelerde Bulunan Oksidatif Enzimlerin Antioksidan Bileşikler ve Antioksidan Kapasite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Angın, D., Avcı, A., Sıçramaz, H., Sarıçam, A., 2014. Genel Kimya Laboratuvar Kılavuzu. *Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*, 43 s, Sakarya.
- Anonim, 1991. Minolta CR-300 Chromameter Operator' S Instruction Manual. Minolta Crop., Ramsey, NJ.
- Anonim, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Ed. USA.
- Anonim, 1996. Hunter Lab Color Scale Applications Note, Hunter associates Lab., Virginia, 8 (9), 1-4.
- Anonim, 1997a. Yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda mühendisliği dergisi*, 4, 4-10.
- Anonim, 1997b. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th. Ed. USA.
- Anonim, 1999. Gaspac 2, Gas Headspace Analyser Operator's Instruction Manuel. U. K
- Anonim, 2001a. Aerobic Plate Count. In FDA's Bacteriological Analytical Manual, Edition 8, Chapter 3, <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm>; (23.02.2018).
- Anonim, 2001b. Yeasts, Molds and Mycotoxins. In FDA's Bacteriological Analytical Manual, Edition 8, Chapter 18,

- <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm>; (23.02.2018).
- Anonim, 2001c. International Organization for Standardization, Microbiology of Food and Animal Feding Stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Psychrotrophic Microorganisms, ISO17410:2001, Swiss.
- Anonim, 2002. Zwick Z0,5 Universal Tester Operator'S Instruction Manual.
- Anonim, 2011a. Gıda Teknolojisi. Enzimlerin Özellikleri. Milli Eğitim Bakanlığı, Megep, 48 s, Ankara.
- Anonim, 2011b. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 Perşembe. Resmi Gazete. 28157 (3. Mükerrer).
- Anonim, 2015. Türkiye'ye özgü besin ve beslenme rehberi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik bölümü, 96 s, Ankara.
- Anonim, 2016. Laboratuvar Hizmetleri. Meyve ve Sebze Analizleri. Milli Eğitim Bakanlığı, Megep, 53 s, Ankara.
- Antunes, M.D.C., Dandlen, S., Cavaco, A.M., Miguel, G., 2010. Effects of postharvest application of 1-MCP and postcutting dip treatment on the quality and nutritional properties of fresh-cut kiwifruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6173-6181.
- Anzueto, C.R., Rizvi, S.S.H., 1985. Individual packaging of apples for shelf life extension. *Journal of Food Science*, 50, 891-899.
- Apaydın, E., 2008. Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antioksidan Aktivitedeki Değişimler. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Arancibia, M.Y., Alemán, A., Calvo, M.M., López-Caballero, M.E., Montero, P., Gómez-Guillén, M.C., 2014. Antimicrobial and antioxidant chitosan solutions enriched with active shrimp (*Litopenaeus vannamei*) waste materials. *Food Hydrocolloids*, 35, 710-717.
- Arief, I.I., Jenie, B.S.L., Suryati, T., Ayuningtyas, G., Fuziawan, A., 2012. Antimicrobial activity of bacteriocin from indigenous *Lactobacillus plantarum* 2C12 and its application on beef meatball as biopreservative. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 37 (2), 90-96.
- Arriola, N.D., De Medeiros, M., Prudencio, E.S., Müller, C.M.O., De Mello Castanho Amboni, R.D., 2016. Encapsulation of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni with sodium alginate and its impact on phenolic content. *Food Bioscience*, 13, 32-40.
- Artes-Hernandez, F., Tomas-Barberan, F.A., Artes, F., 2006. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO₂-free 'superior seedless' table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 146-154.
- Assis, O.B.G., De Britto, D., 2011. Evaluation of the anti fungal properties of chitosan coating on cut apples using a non-invasive imageanalysis technique. *Society of Chemical Industry*, 60, 932-936.
- Assis, O.B.G., Pessoa, J.D.C., 2004. Preparation of thin films of chitosan for use as edible coatings to inhibit fungal growth on sliced fruits. *Brazilian Journal of Food Technology*, 7 (1/2), 17-22.
- Ayala, L.C., Valenzuela, C.P., Bohorquez, Y., 2012. Effect of alginate-based edible coating and calcium ions on the quality of Castilla blackberries (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae*, 19 (1), 129-131.

- Aygün, A., Ülgen, S.A., 2009. Rize’de yetiştirilen demir elma (*Malus communis* L.) çeşidinin bazı meyve özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (2), 201-205.
- Ayhan, K., 2017. Gıdalarda mikroorganizma gelişmesini etkileyen faktörler. (Ders Notu), Ankara Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Bölümü, www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/DosyaGoster.aspx?DIL=1&BELGEANAH; (23.02.2018).
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P., Mohd Adzahan, N., 2014. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1-7.
- Azevedo, A.N., Buarque, P.R., Cruz, E.M.O., Blank, A.F., Alves, P.B., Nunes, M.L., Santana, L.C.L.A., 2014. Response surface methodology for optimisation of edible chitosan coating formulations incorporating essential oil against several foodborne pathogenic bacteria. *Food Control*, 43, 1-9.
- Bakan, A., Eksi, A., 2009. Gıdaların antioksidan kapasitesinin belirleme yöntemleri. *Dünya Gıda*, 18 Kasım 2009. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/gidalarin-antioksidan-kapasitesinin-belirleme-yontemleri/3274;> (23.02.2018).
- Baldwin, E.A., 1994. Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: Past, Present and Future. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, Ed: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Techomic Publishing Company Inc., Lancaster, 25-64.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R.A., 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, 35-38.
- Balkır, P., 2016. Stevia; fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda*, 41 (6), 435-442.
- Banker, G.S., 1966. Film coating theory and practice. *Journal of Pharmacy Science*, 55, 81-89.
- Barba, F.J., Esteve, M.J., Frígola, A., 2014. Bioactive components from leaf vegetable products. *Studies in Natural Products Chemistry*, 41, 321-346.
- Barba, F.J., Grimi, N., Vorobiev, E., 2015. Evaluating the potential of cell disruption technologies for green selective extraction of antioxidant compounds from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *Journal of Food Engineering*, 149, 222-228.
- Batu, A., 2009. Kayısının modifiye atmosferde paketlenerek depolanması önerisi. Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (1), 9-19.
- Batu, A., Demirdöven, A., 2010. Modifiye atmosferde paketlenme ve soğukta depolamanın elmanın duysal kalitesi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarla Biltkileri Dergisi*, 20 (2), 58-67.
- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquezdel Valle, M.G., Hernández-López, M., Ait, E., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L., 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest disease of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25, 108-118.
- Belda-Galbis, C.M., Pina-Pérez, M.C., Espinosa, J., Marco-Celdrán, A., Martínez, A., Rodrigo, D., 2014. Use of the modified gompertz equation to assess the *Stevia rebaudiana* Bertoni antilisterial kinetics. *Food Microbiology*, 38, 56-61.
- Belli, A., 2012. Biyopolimerik Kitosan ve Kullanım Alanları. (Bitirme Ödevi), Erciyes Üniversitesi. Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Kayseri.

- Bender, C., Graziano, S., Zimmermann, B.F., 2015. Study of *Stevia rebaudiana bertonii* antioxidant activities and cellular properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66 (5), 553-558.
- Benitez, S., Achaerandio, I., Pujol, M., Sepulcre, F., 2015. Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh cut fruits: a case of study with kiwifruit slices. *LWT - Food Science and Technology*, 61, 184-193.
- Bett, K.L., Ingram, D.A., Grimm, C.C., Lloyd, S.W., Spanier, A.M., Miller, J.M., Gross, K.C., Baldwin, E.A., Vinyard, B.T., 2000. Flavor of fresh-cut gala apples in barrier film packaging as affected by storage time. *Journal of Food Quality*, 24, 141-156.
- Bierhals, V.S., Chiumarelli, M., Hubinger, M.D., 2011. Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas Comosus* L. Merrill cv "Perola"). *Journal of Food Science*, 76, 62-72.
- Bode, A.M., Cunningham, L., Rose, R.C., 1990. Spontaneous decay of oxidized ascorbic acid (dehydro-L-ascorbic acid) evaluated by high-pressure liquid chromatography. *Clinical Chemistry*, 36, 1807-1809.
- Boileau, A., Fry, J., Murray, R., 2012. A new calorie-free sugar substitute from the leaf of the stevia plant arrives in the UK. *Nutrition Bulletin*, 37, 47-50.
- Borenstein, B., 1972. Vitamins and Amino Acids. Ch. 3. *CRC Handbook of Food Additives Second Edition*. Ed: Furia, T.E., The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, USA, 85.
- Bostan, K., Aldemir, T., Aydın, A., 2007. Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37 (2), 118-127.
- Bourtoom, T., 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15, 3-6.
- Boylston, T.D., Kupferman, E.M., Foss, J.D., Buering, C., 1994. Sensory quality of Gala apples as influenced by controlled and regular atmosphere storage. *Journal of Food Quality*, 17, 477-494.
- Braz De Oliveira, A.J., Correia Goncalves, R.A., Cantuaria Chierito, T.P., Muller Dos Santos, M., Mera De Souza, L., Gorin, P.A.J., Lanzi Sassaki, G., Lacomini, M., 2011. Structure and degree of polymerisation of fructooligosaccharides present in roots and leaves of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. *Food Chemistry*, 129, 305-311.
- Budak, H.N., 2010. Elma ve Üzümden Üretilen Sirkelerin Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Araştırma. (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Cahit, D., 2008. Katı Desteğe Tutturulmuş Oksim Bileşiklerinin ve Metal Komplekslerinin Sentezi ve Karakterizasyonu. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Campaniello, D., Bevuacqua, A., Sinigaglia, M., Corbo, M.R., 2008. Chitosan: antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology*, 25, 992-1000.
- Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, M., Esteve, M.J., Frigola, A., 2015. Effect of *Stevia rebaudiana* addition on bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidant activity of beverages based on exotic fruits mixed with oat following simulated human digestion. *Food Chemistry*, 184, 122-130.
- Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, M., Barba, F.J., Grimi, N., Vorobiev, E., Esteve, M.J., Frigola, A., 2016. Changes of antioxidant compounds in a fruit juice- *Stevia*

- rebaudiana blend after pulsed electric technologies and ultrasounds processing. *Food and Bioprocess Technology*, 9 (7), 1159-1168.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M., 2001. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No: 24, 328 s, Ankara.
- Cemeroğlu, B., 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No: 38, 690 s, Ankara.
- Charde, M.S., Ahmed, A., Chakole, R.D., 2012. Apple phytochemicals for human benefits. *International Journal of Pharmacological Research*, 1 (2), 40-55.
- Chen, C., Peng, X., Zeng, R., Chen, M., Wan, C., Chen, J., 2016. Ficus hirta fruits extract incorporated into an alginate-based edible coating for Nanfeng mandarin preservation. *Scientia Horticulturae*, 202, 41-48.
- Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Karatzia, M.A., Florou-Paneri, P., 2013. Stevia rebaudiana as a novel source of food additives. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52 (4), 195-202.
- Chiabrando, V., Giacalone, G., 2013. Effect of different coatings in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut nectarines (cv Big Top). *Journal Food*, 11, 285-292.
- Chiabrando, V., Giacalone, G., 2016. Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (3), 201-207.
- Chien, P., Chou, C., 2006. Antifungal activity of chitosan and its application to control post-harvest quality and fungal rotting of Tankan citrus fruit (*Citrus tankan* Hayata). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6, 1964-1969.
- Chien, P., Sheu, F., Lin, H., 2007. Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry*, 100, 1160-1164.
- Chiumarelli, M., Ferrari, C.C., Sarantópoulos, C.I.G.L., Hubinger, M.D., 2011. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 381-387.
- Chiumarelli, M., Pereira, L.M., Ferrari, C.C., Sarantópoulos, C.I.G.L., Hubinger, M.D., 2010. Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh cut "Tommy Atkins" mango. *Journal of food science*, 75, E297-E304.
- Cook, R., 2012. Trends in the marketing of fresh produce and fresh-cut products. <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2435.pdf>; (23.02.2018).
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A., 2002. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Science*, 67, 1162-1169.
- Coseteng, M.Y., Lee, C.Y., 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, 52 (4), 985-989.
- Criado, M.N., Barba, F.J., Frígola, A., Rodrigo, D., 2014. Effect of Stevia rebaudiana on oxidative enzyme activity and its correlation with antioxidant capacity and bioactive compounds. *Food Bioprocess Technology*, 7 (5), 1518-1525.
- Criado, M.N., Civera, M., Martínez, A., Rodrigo, D., 2015. Use of weibull distribution to quantify the antioxidant effect of Stevia rebaudiana on oxidative enzymes. *LWT - Journal of Food Science and Technology*, 60, 985-989.

- Cushnie, T.P.T., Lamb, A.J., 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26, 343-356.
- Çakmakçı, S., Gökalp, H.Y., 1992. Gıdalarda kısaca oksidasyon; antioksidantlar ve gıda sanayiinde kullanımları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 174-192.
- Çetin, A.C., 2012. Effects of Edible Chitosan Coating on Quality Parameters of Pomegranate (*Punica granatum*) Arıls. (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Çiltepe, A., 2013. Yenilebilir Kaplama ve Filmler ile Kaplanan Hindi Eti Köftelerinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Çolak, H., Uğurluay, G., Nazlı, B., Bingöl, E.B., 2011. Paketlemede kullanılan nem tutucu filtrelerin hindi etinin raf ömrü üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 37 (2), 107-116.
- Çorumlu, M.S., 2010. Çorum İli İskilip İlçesinde Yetiştirilen Bazı Yerel Elma (*Malus Communis* L.) Çeşitlerinin Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Darmadji, P., Izumimoto, M., 1994. Effects of chitosan in meat preservation. *Meat Science*, 38, 243-254.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallado, J.A., Voilley, A., 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science*, 38 (4), 299-313.
- Demir, D., 2010. Kurutma İşlemi ve Öncesinde Uygulanan Farklı Haşlama Tekniklerinin Siyah Havucun Entioksidan Etkili Bileşikleri Üzeine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Demirdöven, A., Batu, A., 2003. Tokat koşullarında yetiştirilen bazı önemli sebze çeşitlerinin solunum hızlarının belirlenmesi. *Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Konresi*, 08-12 Eylül Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, 407-410.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J., 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21 (6), 703-714.
- Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., Valero, D., 2012. Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (8), 2990-2997.
- Díaz-Sobac, R., Luna, A.V., Beristain, C.I., De La Cruz, J., Garcia, H.S., 1996. Emulsion coating to extend post harvest life of mango (*Mangifera indica* cv.Manila). *Journal of Food Processing and Preservation*, 20, 191-202.
- Dinçer, A., 1987. Gıdalarda kullanılan antioksidantlar ve fonksiyonları. *Gıda Sanayii*, 1, 40-42.
- Djioua, T., Charles, F., Freire, J.M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M.N., Sallanon, H., 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 849-855.
- Donati, I., Paoletti, S., 2009. Material Properties of Alginates. *Alginates: Biology and Applications*. Ed: Rehm, B.H.A., Germany: Springer Berlin Heidelberg, 1-53.

- Dotto, G.L., Vieira, M.L.G., Pinto, L.A.A., 2015. Use of chitosan solutions for the microbiological shelf life extension of papaya fruits during storage at room temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 64, 126-130.
- Dörnenburg, H., Knorr, D., 1997. Evaluation of elicitor and highpressure induced enzymatic browning utilizing potato (*Solanum tuberosum*) suspension cultures as a model system for plant tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4173-4177.
- Draget, K., Smidsrød, O., Skjåk-Braek, G., 2005. Alginates from algae. *Biopolymers online*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527600035.bpol6008/full>; (23.02.2018).
- Du, J.M., Gemma, H., Iwahori, S., 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 66, 15-22.
- Duran, M., 2013. Doğal Antimikrobiyal Katkılı Kitosan Kaplama ile Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Durango, A.M., Soares, N.F.F., Andrade, N.J., 2006. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control*, 17, 336-341.
- Dursun, S., Erkan, N., 2009. Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of FisheriesSciences.com*, 3 (4), 352-373.
- Eberhardt, M.V., Lee, C.Y., Liu, R.H., 2000. Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*, 405 (6789), 903-904.
- Echeverria, G., Correa, E., Ruiz-Altisent, M., Graell, J., Puy, J., Lopez, L., 2004. Characterization of Fuji apples from different harvest dates and storage conditions from measurements of volatiles by gas chromatography and electronic nose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3069-3076.
- Edizer, Y., Bekar, T., 2007. Tokat merkez ilçede yetiştirilen bazı yere elma çeşitlerinin pomolojik ve fenolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakütesi Dergisi*, 24 (1), 1-8.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A., Benhamou, N., 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*, 96, 769-779.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., Boulet, M., 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science*, 56, 1618-1620.
- Elsabee, M.Z., Abdou, E.S., 2013. Chitosan based edible films and coatings: a review. *Materials Science and Engineering C*, 33, 189-1841.
- Er, T., 2011. Kırmızı Pancarın Bazı Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri Üzerine Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Erbay, B., Demir, N., 2006. Taze kesilmiş meyve ve sebzelerde esmerleşmenin engellenmesi. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Ertekin, F.B., 2015. Elma Cipsinin Bazı Kalite ve Antioksidan Özelliklerine Kurutma, Ambalajlama ve Depolamanın Etkisi. (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

- Erzengin, M., 2002. Farklı Kaynaklardan Afinite Kromatografisi ile Polifenoloksidaz Enziminin Saflaştırılması, Kinetik ve Elektroforetik Özelliklerinin İncelenmesi. (Doktora Tezi), Balıkesir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Espitia, P.J., Avena-Bustillos, R.J., Du, W.X., Chiou, B.S., Williams, T.G., Wood, D., McHugh, T.H., Soares, N.F., 2014. Physical and antibacterial properties of açai edible films formulated with thyme essential oil and apple skin polyphenols. *Journal Food Science*, 79 (5), 903-910.
- Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenez, A., Munoz, J.A., Ibarz, A., 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology*, 22, 292-303.
- Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., Zhang, B., 2009. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria×ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53, 84-90.
- Farber, J.M., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., Busta, F.F., 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 142-160.
- Fellman, J.K., Miller, T.W., Mattinson, D.S., Mattheis, J.P., 2000. Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits. *Horticulture Science*, 35, 1026-1033.
- Fişekci, B., 2013. Lor Peynirinin Raf Ömrü Üzerine Modifiye Atmosfer Paketlemenin ve CO2 Uygulamasının Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Frias, J.M., Brecht, J.K., Chau, K.V., 2002. Modelling respiration rate of shredded Galega kale for development of modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 54 (4), 299-307.
- Fontana, A.J., 2000. Water activity's role in food safety and quality, Second NSF International Conference on Food Safety, October 11-13, 2000 Savannah, GA, USA.
- Fontes, L.C.B., Sarmiento, S.B.S., Spoto, M.H.F., Dias, C.T.S., 2008. Preservation of minimally processed apple using edible coatings. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 872-880.
- Franke, S.I.R., Chless, K., Silveria, J.D., Robensam, G., 2004. Study of a antioxidant and mutagenic activity of different orange juices. *Food Chemistry*, 88, 45-55.
- Friedman, M., 1997. Chemistry, Biochemistry and dietary role of potato polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1523-1540.
- Gantait, S., Das, A., Mandal, N., 2015. Stevia: a comprehensive review on ethnopharmacological properties and in vitro regeneration. *Sugar Tech*, 17 (2), 95-106.
- García, M.A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E., 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3758-3767.
- García, D., Ramos, A.J., Sanchis, V., Marín, S., 2012. Effect of *equisetum arvense* and *Stevia rebaudiana* extracts on growth and mycotoxin production by *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides* in maize seeds as affected by water activity. *International Journal of Food Microbiology*, 153, 21-27.

- Gardesh, A.S.K., Badii, F., Hashemi, M., Ardakani, A.Y., Maftoonazad, N., Gorji, A.M., 2016. Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of apple cv. Golab Kohanz. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 33-40.
- Geeson, J.D., Genge, P.M., Sharpies, R.O., 1994. The application of polymeric film lining systems for modified atmosphere box packaging of English apples. *Postharvest Biology and Technology*, 4, 35-48.
- Geraldine, R.M., Soares, N.D.F.F., Botrel, D.A., De Almeida Gonçalves, L., 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydrate Polymers*, 72 (3), 403-409.
- Ghasemnezhad, M., Shiri, M.A., Sanavi, M., 2010. Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8 (1), 25-33.
- Ghosh, S., Subudhi, E., Nayak, S., 2008. Antimicrobial assay of *Stevia rebaudiana* Bertoni leaf extracts against 10 pathogens. *International Journal of Integrative Biology*, 2, 27-31.
- Gil, M., Kader, A.A., 2008. Fresh-cut Fruits and Vegetables. Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. Ed: Tomas-Barberan F.A., Gil, M.I., Cambridge, Woodhead Publishing, 475-504.
- Giovanelli, G., Limbo, S., Buratti, S., 2014. Effects of new packaging solutions on physico-chemical, nutritional and aromatic characteristics of red raspberries (*Rubus idaeus* L.) in postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 98, 72-81.
- Gol, N.B., Chaudhari, M.L., Rao, T.V.R., 2015. Effect of edible coatings on quality and shelf life of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 78-91.
- Gol, N.B., Patel, P.R., Rao, T.V.R., 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185-195.
- González-Aguilar, G.A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez Téllez, M., Villegas-Ochoa, M., Monroy-García, I., Ayala-Zavala, J.F., 2008. Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 15-23.
- Gorinstein, S., Cvikrova, M., Machackova, I., Haruenkit, R., Park, Y.S., Jung, S.T., Yamamoto, K., Ayala, A.L.M., Katrich, E., Trakhtenberg, S., 2004. Characterization of antiosidant compounds in Jaffa sweeties and white grapefruits. *Food Chemistry*, 84, 503-504.
- Gorny, R., Pierce, B.H., Cifuentes, R.A., Kader, A.A., 2002. Quality changes in fresh cut pear slices as affected by controlled atmosphere and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 271-278.
- Gökşen, G., 2012. Ak Sakı ve Kara Sakı Elmalarının Fenolik Bileşiklerinin HPLC ile Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Greengrass, J., 1993. Films for Modified Atmospher of Foods. In *Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food*. Ed; Parry, R.T., Blackie Academic and Professional, UK, 114-133.

- Guan Wen, Q., Li, C., Xi, H.L., Feng, H.Y., 2004. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of Fuji apple. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 20 (5), 218-221.
- Guerreiro, A.C., Gago, C.M.L., Faleiro, M.L., Miguel, M.G.C., 2015. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. *Scientia Horticulturae*, 195, 138-146.
- Guerreiro, A.C., Gago, C.M.L., Faleiro, M.L., Miguel, M.G.C., Antunes, M.D.C., 2016. Edible coatings enriched with essential oils for extending the shelf-life of 'Bravo de Esmolfe' fresh-cut apples. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 87-95.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jiang, Y., 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23, 1719-1726.
- Güldemir, K., 2016. Bayburt İlinde Doğal Olarak Bulunan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* Miller)'nın Farklı Yöntemlerle Kurutularak Antioksidan ve Fenolik Madde İçeriklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Bayburt Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bayburt.
- Gürel-İnanlı, A., Karaton-Kuzgun, N., 2012. Uçucu yağlarla zenginleştirilmiş kitosan filmlerin antimikrobiyal aktivitesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (1), 28-35.
- Gürleyik, E., 2010. Stevianın Rat Karaciğerinde Oksidan/Antioksidan Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması. (Tıpta Uzmanlık Tezi), Ankara Üniversitesi. Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Ankara.
- Gürses, Ö.L., 1986. Gıda İşleme Mühendisliği-II. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 963, 132 s, Ankara.
- Hajhashemi, S., Geuns, J.M.C., 2014. Radical scavenging activity of steviol glycosides, steviol glucuronide, hydroxytyrosol, metformin, aspirin and leaf extract of *Stevia rebaudiana*. *Free Radicals Antioxidant*, 3, 34-41.
- Hamed, I., Özoğul, F., Regenstien, J.M., 2016. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitoooligosaccharides): a review. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 40-50.
- Han, C., Zuoa, J., Wang, Q., Xua, L., Zhaia, B., Wang, Z., Dong, H., Gao, L., 2014. Effects of chitosan coating on postharvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage. *Scientia Horticulturae*, 166, 1-8.
- Hay, L.D., Rehman, Z.U., Moradali, M.F., Wang, Y., Rehm, B.H.A., 2013. Microbial alginate production, modification and its applications. *Microbial Biotechnology*, 6, 637-650.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V.D., Velez, D., Gavara, R., 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110 (2), 428-435.
- Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., Gong, D., 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 144, 172-178.
- Hosseinnejad, M., Jafari, S.M., 2016. Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 467-475.
- Hudson, B.J., 1990. *Food Antioxidants*. Elsevier Science, 173-188 s, USA.

- Hui-Min, J., To, H., Li-Ping, L., Hai-Ying, Z., 2009. Effects of edible coatings on browning of fresh-cut peach fruits. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25 (3), 282-286.
- Hun-Sik, C., Kwang-Deog, M., 2009. Browning characteristics of fresh-cut “Tsugaru” apples as affected by pre-slicing storage atmosphere. *Food Chemistry*, 114, 1433-1437.
- Işık, H., Dağhan, Ş., Gökmen, S., 2013. Gıda endüstrisinde kullanılan yenilebilir kaplamalar üzerine bir araştırma. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1), 26-35.
- İnanç, A.L., Çınar, İ., 2009. Alternatif doğal tatlandırıcı: Stevia. *Gıda*, 34 (6), 411-415.
- İzli, N., Polat, A., 2016. Dondurarak kurutma yönteminin zencefilin kurutma karakteristikleri, renk, mikroyapı ve rehidrasyon özellikleri üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (Ek sayı), 126-136.
- Jakopic, J., Veberic, R., Stampar, F., 2007. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of “Fuji” apple. *Scientia Horticulturae*, 115 (1), 40-46.
- Jayaraman, S., Manoharan, M.S., Illanchezian, S., 2008. In-vitro antimicrobial and antitumor activities of *Stevia rebaudiana* (Asteraceae) leaf extracts. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7, 1143-1149.
- Jiang, Y.M., Li, Y.B., 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73, 139-143.
- Juneja, V.K., Thippareddi, H., Bari, L., Inatsu, Y., Kawamoto, S., Friedman, M., 2006. Chitosan protects cooked ground beef and turkey against *Clostridium perfringens* spores during chilling. *Journal of Food Science*, 71 (6), 236-240.
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E.L., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28 (1), 130.
- Kader, A.A., 1997. A Summary of CA Requirements and Recommendations for Fruits other than Apples and Pears. Ed: Kader, A. *Postharvest Hort Series Univ Calif, Davis, CA, CA’97 Proc*, 17 (2), 1-36.
- Kandemir, N.S., 2006. Doğal Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Pullulan Film Uygulamanın Hazır Salatanın Raf Ömrüne Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., Koca, N., Soyer, Y., 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29 (4), 297-303.
- Karagöz, Ş., Demirdöven, A., 2017. Gıda ambalajlamada güncel uygulamalar: Modifiye atmosfer, aktif, akıllı ve nanoteknolojik ambalajlama uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 (1), 9-21.
- Karaman, K., 2011. Bazı Osmofil Mayaların (*Zygosaccharomyces rouxii* ve *Zygosaccharomyces bailii*) Elma Suyunda Canlılığı ve İnhibisyon Olanaklarının Cevap Yüzey Metodu ile Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Karaşahin, Z., 2013. Bazı Hasat Sonrası Uygulamaların Anamur Muzunun Raf Ömrü Süresince Enzimatik ve Pomolojik Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

- Kartal, S., 2010. Çileğin Raf Ömrünün Mikroperfore Filmler ve Oksijen Tutucular Kullanılarak Denge Modifiye Atmosfer ile Arttırılması. (Yüksek Lisans Tezi), 18 Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Kays, S.J., 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold, 75-142 s, New York.
- Keleş, F., 1986. Amasya ve Golden elmalarının polifenoloksidazları üzerine araştırmalar: Genel özellikler. Doğa, 10 (2), 224-234.
- Keleş, F., 1987. Amasya ve Golden elmalarının polifenoloksidazları üzerinde araştırmalar: Substrat spesifikliği. Doğa, 11, 1-6.
- Kerch, G., 2015. The potential of chitosan and its derivatives in prevention and treatment of age-related diseases. Marine Drugs, 13, 2158-2182.
- Kerch, G., Sabovics, M., Kruma, Z., Kampuse, S., Straumite, E., 2011. Effect of chitosan and chitoooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage. European Food Research and Technology, 233 (2), 351-358.
- Keser, O., Bilal, T., 2010. Kitosan oligosakkaritin hayvan beslemede kullanımı II- antioksidan, antimikrobiyal ve diğer etkileri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 50 (1), 41-52.
- Kester, J.J., Fennema, O.R., 1986. Edible films and coatings: a review. Food Science and Technology, 40, 47-59.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H.A., Soliman, A.S., 2016. Improving the shelf-life stability of apple and strawberry fruits applying chitosan-incorporated olive oil processing residues coating. Food Packaging and Shelf Life, 9, 10-19.
- Kim, S.W.J., Lee, C.Y., 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Food Chemistry, 81, 321-326.
- Koca, N., Karadeniz, F., 2005. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. Gıda, 30 (4), 229-236.
- Kocamanlar, E., 2009. Ambalaj ve fonksiyonları. Ambalaj Bülteni Dergisi, Ekim, 34-38.
- Koç, B.E., Özkan, M., 2011. Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. Gıda, 36 (3), 161-168.
- Koç, S., 2007. Gıdalarda su aktivitesinin (aw) önemi. Dünya Gıda, 14 Aralık 2007. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/gıdalarda-su-aktivitesinin-aw-onemi/2498;> (26.02.2018).
- Kopeliovitch, E., Mizrahi, Y., Rabinowitch, H.D., 1982. Effect of the fruit ripening mutant genes in or nor on the flavour of apple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107, 361-364.
- Kou, X.H., Guo, W., Guo, R., Li, X., Xue, Z., 2014. Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang guan" during storage. Food Bioprocess Technology, 7, 671-681.
- KraÉniewska, K., Gniewosz, M., 2012. Substances with antibacterial activity in edible films-a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 62 (4), 199-206.
- Krasaekoopt, W., Mabumrung, J., 2008. Microbiological evaluation of edible coated fresh cut cantaloupe. Natural Science, 42, 552-557.
- Kristo, E., Koutsoumanis, K.P., Bitiaderis, C.G., 2008. Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*. Food Hydrocolloid, 22 (3), 373-386.

- Krochta, J.M., De Mulder-Johston, C., 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51 (2), 61-74.
- Kumar, S., Thippareddi, H., Subbiah, J., Zivanovic, S., Davidson, P.M., Harte, F., 2009. Inactivation of *Escherichia coli* K-12 in apple juice using combination of high-pressure homogenization and chitosan. *Journal of Food Science*, 74 (1), 8-14.
- Kunyanga, C.N., Imungi, J.K., Okoth, M.W., Biesalski, H.K., Vadivel, V., 2012. Total phenolic content, antioxidant and antidiabetic properties of methanolic extract of raw and traditionally processed kenyan indigenous food ingredients. *LWT - Food Science and Technology*, 45, 269-276.
- Kurt, Ş., Zorba, Ö., 2005. Kitin (chitin), kitosan (chitosan) ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda*, 30 (6), 371-378.
- Lattanzio, V., Di Venere, D., Linsalata, V., Bertolini, P., Ippolito, A., Salerno, M., 2001. Low temperature metabolism of apple phenolics and quiescence of *Phlyctaena vagabunda*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (12), 5817-5821.
- Le, X.T., Nagasawa, N., Matsushashi, S., Ishioka, N.S., Ito, T., Kume, T., 2001. Effect of radiationdegraded chitosan on plant stressed with vanadium. *Radiation Physics and Chemistry*, 61, 171-175.
- Lee, K.Y., Mooney, D.J., 2012. Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 37 (1), 106-126.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K., 2012. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: a comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132, 1121-1132.
- Li, H., Wang, Y., Liu, F., Yang, Y., Wu, Z., Cai, H., 2015. Effects of chitosan on control of postharvest blue mold decay of apple fruit and the possible mechanisms involved. *Scientia Horticulturae*, 186, 77-83.
- Lidster, P.D., Tung, M.A., Garland, M.R., Porritt, S.W., 1979. Texture modification of processed apple slices by a postharvest heat treatment. *Journal of Food Science*, 44, 998-1007.
- Lin, D., Zhao, Y., 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6 (3), 60-75.
- Liu, J., Tian, S., Meng, X., Xu, Y., 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 300-306.
- Liu, R.H., Eberhardt, M.V., Lee, C.Y., 2001b. Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars. *New York Fruit Quarterly*, 9, 15-17.
- Liu, X., Ren, J., Zhu, Y., Han, W., Xuan, H., Ge, L., 2016. The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 502, 102-106.
- Liu, X.F., Guan, Y.L., Yang, D.Z., Li, Z., Yao, K.D., 2001a. Antibacterial action of chitosan and carboxymethylated chitosan. *Journal Applied Polymer Science*, 79 (7), 1324-1335.
- Lotito, S.B., Frei, B., 2004. Relevance of apple polyphenols as antioxidants in human plasma: contrasting in vitro and in vivo effects. *Free Radical Biology and Medicine*, 36 (2), 201-211.

- Luo, M.R., 2006. Applying colour science in colour design. *Optics and Laser Technology*, 38, 392-398.
- Madureira, A.R., Pereira, A., Pintado, M., 2015. Current state on the development of nanoparticles for use against bacterial gastrointestinal pathogens. Focus on chitosan nanoparticles loaded with phenolic compounds. *Carbohydrate Polymers*, 130, 429-439.
- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., Marcotte, M., 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 951-957.
- Martín-Belloso, O., Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R., 2009. Delivery of Flavor and Active Ingredients Using Edible Films and Coatings. *Edible films and Coatings for Food Applications*. Ed: Embuscado, M.E., Huber, K.C., New York: Springer, 295-313.
- Martin-Diana, A.B., Rico, D., Barat, J.M., Barry-Ryan, C., 2009. Orange juices enriched with chitosan: optimisation for extending the shelf-life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 590-600.
- Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A., Del Nobile, M.A., 2011. Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Food Research International*, 44 (5), 1224-1230.
- Mattheis, J., Fan, X., Argenta, I., 2001. Responses of Pacific Northwest apples to 1-methylcyclopropene (MCP). *Proceeding of 2001 Washington Tree Fruit Postharvest Conference*. March 13th-14th, Wenatchee, WA.
- Maya-Meraz, I.O., Espino-Diaz, M.I., Molina-Corral, F.J., Gonzalez-Aguilar, G.A., Jacobo-Cuellar, J.L., Sepulveda, D.R., Olivas, G.I., 2014. Production of volatiles in fresh-cut apple: effect of applying alginate coatings containing linoleic acid or isoleucine. *Journal of Food Science*, 79 (11), C2185-C2191.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- McHugh, T., Krochta, J.M., 1994a. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42 (4), 841-845.
- McHugh, T.H., Krochta, J.M., 1994b. Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technology*, 48 (1), 97-103.
- Medlicott, A.P., Sigrist, J.M., Reynolds, S.B., Thompson, A.K., 1987. Effect of ethylene and acetylene on mango fruit ripening. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 111, 439-444.
- Meng, X., Li, B., Liu, J., Tian, S., 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106, 501-508.
- Min, S., Krochta, J.M., 2005. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate and lacto-peroxidase systems. *Journal of Food Science*, 70 (2), 87-94.
- Montero-Calderon, M., Rojas-Graü, M.A., Martín-Belloso, O., 2008. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology Technology*, 50, 182-189.
- Moreira, M.R., Cassani, L., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., 2015. Effects of polysaccharide-based edible coatings enriched with dietary fiber on quality

- attributes of fresh-cut apples. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (12), 7795-7805.
- Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B., Dicko, A., 2011. Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *LWT - Food Science and Technology*, 44 (9), 1865-1872.
- Müftüoğlu, F., 2010. Yenilebilir Kaplama ve Modifiye Atmosfer Paketlemenin Kayısının (Kabaası) Kalite Özelliklerine ve Muhafazasına Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Navarro-Tarazaga, M.L.L., Sothornvit, R., Pérez Gago, M.G., 2008. Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9502-9509.
- Nicolas, J.J., Richard-Forget, F.C., Goupy, P.M., Amilot, M.J., Aubert, S.Y., 1994. Enzymatic browning reaction in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (2), 109-157.
- Nicholas, T.A., 2003. Antimicrobial Use of Native and Enzymatically Degraded Chitosans for Seafood Applications. (Master Thesis), The University of Maine. In *Food Science and Human Nutrition*, Maine.
- Nisperos-Carriedo, M.O., 1994. Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Ed: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperoscarriedo, M., Technomic Publishing Company, Lancaster, PA, 305-335.
- No, H.K., Lee, S.H., Park, N.Y., Meyers, S.P., 2003. Comparison of physicochemical, binding, and antibacterial properties of chitosans prepared without and with deprotenization process. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 7659-7663.
- Nussinovitch, A., Hershko, V., 1996. Gellan and alginate vegetable eating. *Carbohydrate Polymers*, 30, 185-192.
- Oğuzhan-Yıldız, P., Yanglar, F., 2014. Gıda endüstrisinde kitosanın kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30 (3), 198-206.
- Olivas, G.I., Mattinson, D.S., Barbosa-Cánovas, G.V., 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (1), 89-96.
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2008a. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT - Food Science and Technology*, 41 (10), 1862-1870.
- Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2008b. The role of peroxidase on the antioxidant potential of fresh-cut 'Piel de Sapo' melon packaged under different modified atmospheres. *Food Chemistry*, 106 (3), 1085-1092.
- Oussalah, M., Caillet, S., Salmieri, S., Saucier, L., Lacroix, M., 2006. Antimicrobial effects of alginate-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of Food Protection*, 69 (10), 2364-2369.
- Öz, A.T., Süfer, Ö., 2012. Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akademik Gıda*, 10 (1), 85-91.
- Özer, M.H., 2002. Elma çeşidinin kontrollü atmosferde (KA) muhafazası. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 189-202.

- Özdemir, K.S., 2015. Gıda ve Biyoaktif Gıda Bileşenlerinin Kaplanması: Proses ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkileri. (Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Özdemir, Z., 2014. Kitin; kitosanın fonksiyonel özellikleri ve kullanım alanları. Türkiye Kimya Derneği, 104-117.
- Özgen, M., Tokbaş, H., 2007. Işıklanma ve meyve dokusunun Amasya ve Fuji elmalarında antioksidan kapasitesine etkisi. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (2), 1-5.
- Öztan, T., 2006. Mor Havuç, Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Öztürk, B., Özkan, Y., Kılıç, K., Uçar, M., Karakaya, O., Karakaya, M., 2015. Braeburn elmasının (*Malus domestica* Borkh.) hasat önu dökümü ve meyve kalitesi üzerine hasat öncesi bitki gelişim düzenleyici uygulamalarının etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (1), 68-76.
- Özüpek, Ö., 2010. Derim Sonrası 1-Methylcyclopropene Uygulamalarının Bazı Elma Çeşitlerinin Muhafazası Üzerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.
- Park, B.K., Kim, M.M., 2010. Applications of chitin and its derivatives in biological medicine. International Journal of Molecular Sciences, 11, 5152-5164.
- Park, S.I., Stan, S.D., Daeschel, M.A., Zhao, Y., 2005. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) to control mold growth during cold storage. Journal of Food Science, 70 (4), M202-M207.
- Park, Y.S., Namiesnik, J., Vearasilp, K., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Barasch, D., Nemirovski, A., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S., 2014. Bioactive compounds and the antioxidant capacity in new kiwi fruit cultivars. Food Chemistry, 165, 354-361.
- Peng, Y., Han, B., Liu, W., Xu, X., 2005. Preparation and antimicrobial activity of hidroxypropyl chitosan. Carbohydrate Research, 340 (11), 1846-1851.
- Perdones, A., Sanchez-Gonzalez, L., Chiralt, A., Vargas, M., 2012. Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. Postharvest Biology and Technology, 70, 32-41.
- Perez-Gago, M.B., Gonzalez-Aguilar, G.A., Olivas, G.I., 2010. Edible coatings for fruits and vegetables. Steward Postharvest Review, 6, 1-4.
- Periche, A., Castelló, M.L., Heredia, A., Escriche, I., 2015. Influence of drying method on steviol glycosides and antioxidants in *Stevia rebaudiana* leaves. Food Chemistry, 172, 1-6.
- Petriccione, M., Sanctis, F.D., Pasquariello, M.S., Mastrobuoni, F., Rega, P., Scortichini, M., Mencarelli, F., 2015a. The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life. Food Bioprocess Technology, 8, 394-408.
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M.S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G. ve ark., 2015b. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. Foods, 4 (4), 501-523.
- Phansawan, B., Pongbangpho, S., 2007. Antioxidant capacities of *Pueraria mirifica*, *Stevia rebaudiana* Bertoni, *Curcuma longa* Linn., *Andrographis paniculata*

- (burm.f.) Nees and *Cassia alata* Linn for the development of dietary supplement. *Kasetsart Journal Natural Science*, 41, 548-554.
- Plainsirichaia, M., Leelaphatthanapanicha, S., Wongsachaia, N., 2014. Effect of chitosan on the quality of rose apples (*Syzygium agueum* Alston) cv. tabtim chan stored at an ambient temperature. *APCBEE Procedia*, 8, 317-322.
- Podsedeck, A., Wilska-Jeska, J., Anders, B., Markowski, J., 2000. Compositional characterisation of some apple varieties. *European Food Research and Technology*, 210, 268-272.
- Ponting, J.D., Jackson, R., Watters, G., 1971. Refrigerated apple slices: effects of pH, sulphites and calcium on texture. *Journal of Food Science*, 36, 349-350.
- Pop, O.L., Vodnar, D.C., Suharoschi, R., Mudura, E., Socaciu, C., 2015. *L. plantarum* ATCC 8014 entrapment with prebiotics and lucerne green juice and their behavior in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Food Process Engineering*, 39 (5), 433-441.
- Porritt, S.W., Lidster, P.D., 1978. The effect of prestorage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 103, 584-587.
- Pranoto, Y., Salokhe, V.M., Rakshit, S.K., 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible films incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38, 267-272.
- Prasad, M., 1995. Development of Modified Atmosphere Packaging System with Permselective Films for Storage of Red Delicious Apples. (Ph.D.Diss), Department of Agriculture and Food Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India.
- Pushkala, R., Parvathy, K.R., Srividya, N., 2012. Chitosan powder coating, a novel simple technique for enhancement of shelf life quality of carrot shreds stored in macro perforated LDPE packs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 11-20.
- Qi, H., Hu, W., Jiang, A., Tian, M., Li, Y., 2011. Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 62-66.
- Rababah, T.M., Ereifej, K.I., Howard, L., 2005. Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (11), 4444-4447.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4, 1457-1465.
- Ragab, M.M., Ragab, M.M.M., El-Nagar, M.A., Farrag, E.S., 2001. Effect of chitosan and its derivatives as an antifungal and preservative agent on storage of tomato fruits. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 29 (2), 107-116.
- Ragaert, P., Jaccxsens, L., Vandekinderen, I., Baert, L., Devlieghere, F., 2011. Microbial and Safety aspects of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Advances in Fresh-Cut Fruit and Vegetables Processing*, Ed: Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R.C., CRC Press, 60.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Martín-Belloso, O., 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 313-327.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.
- Remminghorst, U., Rehm, B.H.A., 2006. Bacterial alginates: from biosynthesis to applications. *Biotechnology Letters*, 28, 1701-1712.
- Reyes, L.F., Cisneros-Zevallos, L., 2003. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5296-5300.
- Ribeiro, C., Vicente, A.A., Teixeira, J.A., Miranda, C., 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44, 63-70.
- Roberts, D., Greenwood, M., 2003. *Listeria monocytogenes*. *Practical Food Microbiology*, 3rd., Ed: Blackwell Publishing, Massachusetts, 273-274.
- Robles-Sánchez, R.M., Rojas-Graü, M.A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., Martín-Belloso, O., 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 240-246.
- Rocha, A.M.C.N., Barreiro, M.G., Morais, A.M.M.B., 2004. Modified atmosphere package for apple 'Bravo De Esmolfe'. *Food Control*, 15, 61-64.
- Rojas-Graü, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Soliva-Fortuny, R., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., Martín-Belloso, O., 2007. Apple puree-alginate coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45 (2), 254-264.
- Rojas-Graü, M.A., Tapia, M.S., Martín-Belloso, O., 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of freshcut Fuji apples. *LWT - Trends in Food Science and Technology*, 41, 139-147.
- Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 438-447.
- Roller, S., Covill, N., 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *International Journal of Food Microbiology*, 47, 67-77.
- Rössle, C., Brunton, N., Gormley, R.T., Wouters, R., Butler, F., 2011. Alginate coating as carrier of oligofructose and inulin and to maintain the quality of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 76 (1), H19-H29.
- Rubilar, J.F., Cruz, R.M.S., Silva, H.D., Vicente, A.A., Khmelinskii, I., Vieira, M.C., (2013). Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of Food Engineering*, 115 (4), 466-474.
- Sacchetti, G., Cocci, E., Pinnavaia, G.G., Mastrocola, D., Rosa, M.D., 2008. Influence of processing and storage on the antioxidant activity of apple derivatives. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 797-804.
- Sadler, G.D., Murphy, P.A., 1998. pH and Titratable Acidity. *Food Analysis*, Ed: Suzanne Nielsen, S., Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, 101-116.
- Saltmarsh, M., Barlow S.M. ve ark., 2013. *Essential Guide to Food Additives*. 4th. Ed: Saltmarsh, M., Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 277.
- Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, 105, 8-16.

- Sánchez, C., Lidon, F.C., Vivas, M., Ramos, P., Santos, M., Barreiro, M.G., 2015. Effect of chitosan coating on quality and nutritional value of fresh-cut 'Rocha' pear. *Emirates Journal Food and Agriculture*, 27 (2), 206-214.
- Sanz, C., Perez, A.G., Olias, R., Olias, J.M., 2000. Modified atmosphere packaging of strawberry fruit: effect of package perforation on oxygen and carbon dioxide. *Food Science and Technology International*, 6 (1), 33-38.
- Sapers, G.M., 1992. Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *Journal Food Science*, 57 (5), 1192-1193.
- Saraçoğlu, O., 2007. Modifiye Atmosferde Elma Depolanmasında Değişik Ambalaj Filmlerinin Uygunluğunun Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Sataque, E.Y., Wosiacki, G., 1987. Characterization of apple (*Malus domestica*, var. Gala) polyphenol oxidase. *Arq Biol Tecnol*, 30, 287-299.
- Savita, S.M., Sheela, K., Sunanda, S., Shankar, A.G., Ramakrishna, P., 2004. Stevia rebaudiana - A functional component for food industry. *Journal of Human Ecology*, 15 (4), 261-264.
- Sebti, I., Martial-Gros, A., Carnet-Pantiez, A., Grelier, S., Coma, V., 2005. Chitosan polymer as bioactive coating and film against *Aspergillus niger* contamination. *Journal Food Science*, 70 (2), 100-104.
- Shahidi, F., Arachchi J.K.V., Jeon, Y., 1999. Food applications of chitosans. *Trends Food Science Technology*, 10, 37-51.
- Shao, X.F., Tu, K., Tu, S., Tu, J., 2012. A combination of heat treatment and chitosan coating delays ripening and reduces decay in gala apple fruit. *Journal of Food Quality*, 35 (2), 83-92.
- Shukla, S., Mehta, A., Menta, P., Bajpai, V., 2012. Antioxidant ability and phenolic content of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bert. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64, 807-811.
- Siddaramaiah, Swamy, T.M.M., Ramaraj, B., Lee, J.H., 2008. Sodium alginate and its blends with starch: thermal and morphological properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 4075-4081.
- Simoës, A.D.N., Tudela, J.A., Allende, A., Puschmann, R., Gil, M.I., 2013. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 364-370.
- Simonaitiene, D., Brink, L., Sipailiene, A., Leskauskaite, D., 2015. The effect of chitosan and whey proteins-chitosan films on the growth of *Penicillium expansum* in apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 1475-1480.
- Simpson, B.K., Gagne, N., Ashie, I.N.A., Noroozi, E., 1997. Utilization of chitosan for preservation of raw shrimp (*Pandalus borealis*). *Food Biotechnology*, 11, 25-44.
- Sipahi, R.E., Castell-Perez, M.E., Moreira, R.G., Gomes, C., Castillo, A., 2013. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). *LWT - Food Science and Technology*, 51, 9-15.
- Smith, S., Geeson, J., Stow, J., 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings. *Horticultural Science*, 22, 772-776.
- Smith, S.M., Geeson, J.D., Genge, P.M., 1988. Effects of harvest date on the responses of discovery apples to modified atmosphere retail packaging. *International Journal of Food Science*, 23, 78-86.

- Soliva-Fortuny, R.C., Grigelmo-Miguel, N., Odriozola-Serrano, I., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., 2001. Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3685-3690.
- Soliva-Fortuny, R.C., Martín-Belloso, O., 2003. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 341-352.
- Soliva-Fortuny, R.C., Elez-Martinez, P., Martín-Belloso, O., 2004. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 215-224.
- Soliva-Fortuny, R., 2010. Polysaccharide coatings extend fresh-cut fruit shelf life. *Emerging Food Research and Development Report*, 21, 1-2.
- Sothornvit, R., Krochta, J.M., 2000. Plasticizer effect on oxygen permeability of B-lactoglobulin films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 6298-6302.
- Stevens, M.A., Kader, A.A., Albright, M., 1979. Potential for increasing apple flavour via increasing sugar and acid content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104, 40-42.
- Stracke, B.A., Rüfer, C.E., Weibel, F.P., Bub, A., Watzl, B., 2009. Three-year comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced apples (*Malus domestica* Bork. Cultivar 'Golden Delicious'). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4598-4605.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X., Liu, R.H., 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (25), 7449-7454.
- Sun, T., Yao, Q., Zhou, D., Mao, F., 2008. Antioxidant activity of N-carboxymethyl chitosan oligosaccharides. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 18, 5774-5776.
- Šuput, D.Z., Lazić, V.L., Popović, S.Z., Hromiš, N.M., 2015. Edible films and coatings-sources, properties and application. *Food and Feed Research*, 42 (1), 11-22.
- Sutherland, W.J., Clout, M., Cote, I.M., Daszak, P., Depledge, M.H., Fellman, L., Fleishman, E., Garth-Waite, R., Gibbons, D.W., De Lurio, J., Impey, A.J., Lickorish, F., Lindenmayer, D., Madgwick, J., Margerison, C., Maynard, T., Peck, L.S., Pretty, J., Prior, S., Redford, K.H., Scharlemann, J.P.W., Spalding, M., Watkinson, A.R., 2010. A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends in Ecology and Evolution*, 25 (1), 1-7.
- Suyatma, N.E., Tighzert, L., Copinet, A., 2005. Effects of hydrophilic plasticizers on mechanical, thermal, and surface properties of chitosan films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10), 3950-3957.
- Şumnu, G., Bayındırlı, L., 1995. Effects of coatings on fruit quality of Amasya apples. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28, 501-505.
- Tadhani, M.B., Patel, V.H., Subhash, R., 2007. In vitro antioxidant activities of *Stevia rebaudiana* leaves and callus. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 323-329.
- Taha, S.M.A., Swailam, H.M.H., 2002. Antibacterial activity of chitosan against *Aeromonas hydrophila*. *Nahrung/Food*, 46 (5), 337-340.
- Tapia, M.S., Rojas-Grau, M.A., Carmona, A., Rodriguez, F.J., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O., 2008. Use of alginate- and gellan-based coatings for

- improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*, 22, 1493-1503.
- Taştan, Ö., Baysal, T., 2013. Meyve-sebze işleme endüstrisinde kitosan kullanımı. *Gıda*, 38 (3), 175-182.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., Masoudpour-Behabadi, M., 2016. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360-374.
- Tezotto-Uliana, J.V., Fargoni, G.P., Geerdink, G.M., Kluge, R.A., 2014. Chitosan applications pre- or post- harvest prolong raspberry shelf-life quality. *Postharvest Biology and Technology*, 91, 72-77.
- Thomas, J., Glade, M., 2010. Stevia: it's not just about calories. *The Open Obesity Journal*, 2, 101-109.
- Tokatlı, K., 2016. Karides Atıklarından Kitosan Üretim Koşullarının Optimizasyonu ve Kitosandan Elde Edilen Yenilebilir Film Kaplamanın Kirazların Raf Ömrüne Etkisi. (Doktora Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Tomita, T., Sato, N., Arai, T., Shiraishi, H., Sato, M., Takeuchi, M. ve ark., 1997. Bactericidal activity of a fermented hot-water extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni and other food-borne pathogenic bacteria. *Microbiology and Immunology*, 41, 1005-1009.
- Torlak, E., Nizamlioğlu, M., 2011. Uçucu yağ içeren yenilebilir kitosan filmlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* 0157:H7 üzerine etkinlikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (Suppl A), S125-S129.
- Tripathy, T., Singh, R.P., 2001. Characterization of polyacrylamide-grafted sodium alginate: a novel polymeric flocculant. *Journal of Applied Polymer Science*, 81, 3296-3308.
- Türkan, F., 2009. Iğdır Elmasından Polifenoloksidaz Enziminin Saflaştırılması ve Çeşitli Özelliklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Van.
- Tsai, G.J., Wu, Z.Y., Su, W.H., 2000. Antibacterial activity of a chitooligosaccharide mixture prepared by cellulase digestion of shrimp chitosan and its application to milk preservation. *Journal of Food Protection*, 63, 747-752.
- Tsai, G.J., Tsai, M.T., Lee, J.M., Zhong, M.Z., 2006. Effects of chitosan and a low-molecular-weight chitosan on *Bacillus cereus* and application in the preservation of cooked rice. *Journal of Food Protection*, 69 (9), 2168-2175.
- Uçan, F., Mercimek, H.A., 2013. Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2), 79-85.
- Uçar, E., Odabaş-Köse, E., Özyiğit, Y., Turgut, K., 2015. Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (2), 118-124.
- Üçüncü, M., 2000. Gıdaların Modifiye Atmosferde Ambalajlanması. *Gıdaların Ambalajlanması*, Editör: Üçüncü, M., Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 612-649.
- Valencia-Chamorro, S.A., Palou, L., Del Río, M.A., PérezGago, M.B., 2011. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 872-900.

- Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77, 1-6.
- Vamosi-Vigyazo, L., Mihalyi, K., Gajzago, I., Hamori-Szabo, J., Sass, P., 1985. Changes in the polyphenol-polyphenol oxidase complex of during ripening and storage. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel*, 9, 37-42.
- Van der Sluis, A.A., Dekker, M., De Jager, A., Jongen, W.M., 2001. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (8), 3606-3613.
- Van der Steen, C., Jacxsens, L., Devlieghere, F., Debevere, J., 2001. A combination of high oxygen atmosphere and equilibrium modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of red fruits. Information Hyperlinked over Protein, 12, 17-23.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., González-Martínez, C., 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164-171.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D.J., González-Martínez, C., 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48 (6), 496-511.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D., Moldão-Martins, M., 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52, 80-92.
- Vodnar, D.C.R., Pop, O.L., Dulf, F.V., Socaciu, C., 2015. Antimicrobial efficiency of edible films in food industry. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43 (2), 302-312.
- Vu, C.H.T., Won, K., 2013. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. *Food Chemistry*, 140 (1-2), 52-56.
- Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S., Lacroix, M., 2011. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44, 198-203.
- Wang, S.Y., Gao, H.Y., 2013. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *LWT - Food Science and Technology*, 52, 71-79.
- Whitaker, J.R., 1972. *Principles of Enzymology for the Food Sciences*. Ed: Dekker, M., New York, Chapters, 22-24.
- Wojdylo, A., Oszmański, J., Laskowski, P., 2008. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 6520-6530.
- Wolfe, K., Liu, R., 2003. Apple peels as a value-added food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1676-1683.
- Wolfe, K., Wu, X., Liu, R.H., 2003. Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3), 609-614.
- Wong, W.S., Tillin, S.J., Hudson, J.S., Pavlath, A.E., 1994. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2278-2285.

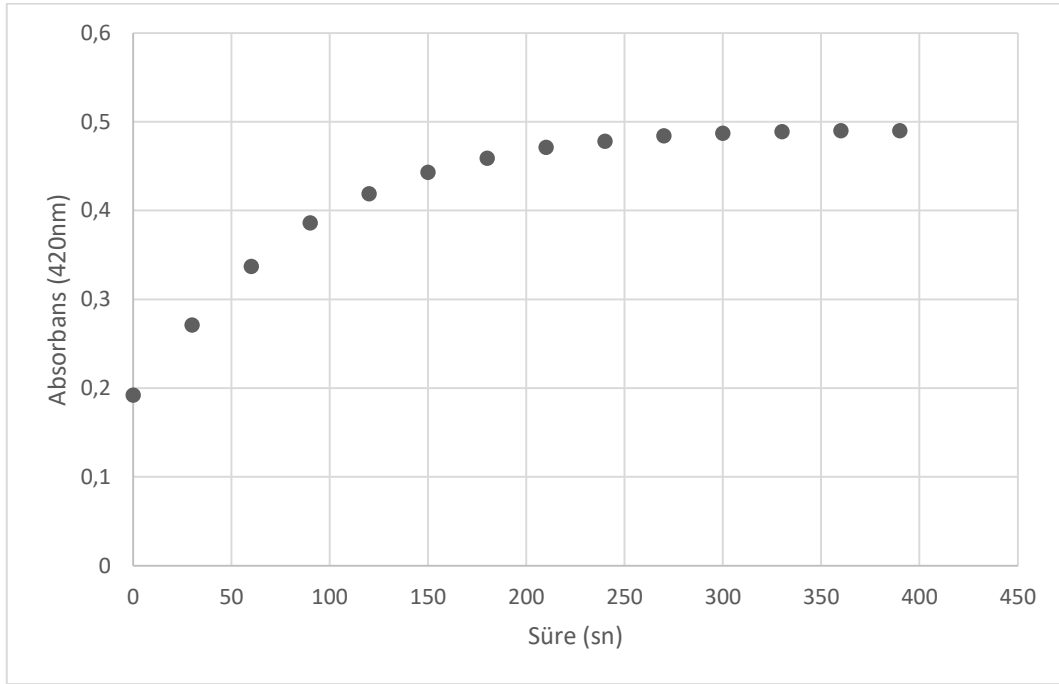
- Wu, Y., Weller, C.L., Hamouz, F., Cuppett, S., Schnepf, M., 2001. Moisture loss and lipid oxidation for precooked ground-beef patties packaged in edible starch-alginate-based composite films. *Journal of Food Science*, 486-493.
- Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., Prior, R.L., 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (12), 4026-37.
- Xiao, C., Zhu, L., Luo, W., Song, X., Deng, Y., 2010. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. *Food Chemistry*, 121, 1003-1009.
- Xiao, Z.L., Luo, Y.C., Luo, Y.G., Wang, Q., 2011. Combined effects of sodium chlorite dip treatment and chitosan coatings on the quality of fresh-cut d'Anjou pears. *Postharvest Biology and Technology*, 62, 319-326.
- Xie, W.M., Xu, P.X., Liu, Q., 2001. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 11, 1699-1701.
- Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Jiang, Y., Yun, J., Li, W., 2010. Effects of chitosan-based coating and modified atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11 (4), 684-689.
- Xu, Q., Xing, Y., Che, Z., Guan, T., Zhang, L., Bai, Y., Gong, L., 2013. Effect of chitosan coating and oil fumigation on the microbiological and quality safety of fresh-cut pear. *Journal of Food Safety*, 33, 179-189.
- Yadav, A.K., Singh, S., Dhyani, D., Ahuja, P.S., 2011. A review on the improvement of stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni)). *Canadian Journal of Plant Science*, 91, 1-27.
- Yaman, O., Bayındırlı, L., 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf life and quality of cherries. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 35, 146-150.
- Yang, H., Zheng, J., Huang, C., Zhao, X., Chen, H., Sun, Z., 2015. Effects of combined aqueous chlorine dioxide and chitosan coatings on microbial growth and quality maintenance of fresh-cut bamboo shoots (*Phyllostachys praecox* f. *prevernalis*.) during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1011-1019.
- Yang, T., Chou, C., Li, C., 2005. Antibacterial activity of N-alkylated disaccharide chitosan derivatives. *International Journal of Food Microbiology*, 97, 237-245.
- Yang, Y.H., Huang, S.Z., Han, Y.L., Yuan, H.Y., Gu, C.S., Zhao, Y.H., 2014. Base substitution mutations in uridinediphosphate-dependent glycosyltransferase 76g1 gene of *Stevia rebaudiana* causes the low levels of rebaudioside a mutations in *ugt76g1*, a key gene of steviol glycosides synthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 80, 220-225.
- Yao, B., Ni, C., Xiong, C., Zhu, C., Huang, B., 2010. Hydrophobic modification of sodium alginate and its application in drug controlled release. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 33, 457-463.
- Yavru, İ., 1997. Karayemiş (*Prunus Laurocerasus* L.) Meyvelerinde Gelişme ve Olgunlaşmaya Bağlı Olarak Bazı Organik Madde Miktarları ile Polifenoloksidaz Aktivitesindeki Değişimlerin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Trabzon.
- Yazgan, I., 2010. Kitosanın Kimyasal Modifikasyonu. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Yemencioğlu, A., Cemeroglu, B., 1998. Isı uygulamada indikatör olarak kullanılan bazı enzimlerin aktivitelerinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi*, 3 (9), 76-77.

- Yener, F., Korel, F., Yemenicioglu, A., 2009. Antimicrobial activity of lactoperoxidase system incorporated into cross-linked alginate films. *Journal of Food Science*, 74, 73-79.
- Yıldırım, Z., Öncül, N., Yıldırım, M., 2016. Kitosan ve antimikrobiyal özellikleri. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 19-36.
- Yılmaz, R., 2014. Kekik Esansiyel Yağı ile Zenginleştirilmiş Kitosan Esaslı Filmlerin Antimikrobiyal Etkisinin Tespiti. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi. Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Isparta.
- Yu, X.L., Li, X.B., Xu, X.L., Zhou, G.H., 2008. Coating with sodium alginate and its effects on the functional properties and structure of frozen pork. *Journal of Muscle Foods*, 19, 333-35.
- Zagory, D., Kader, A.A., 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, 42 (9), 70-77.
- Zambrano-Zaragoza, M.L., Gutiérrez-Cortez, E., Del Real, A., González-Reza, R.M., Galindo-Pérez, M.J., Quintanar-Guerrero, D., 2014a. Fresh-cut red delicious apples coating using tocopherol/mucilage nanoemulsion: effect of coating on polyphenol oxidase and pectin methylesterase activities. *Food Research International*, 62, 974-983.
- Zambrano-Zaragoza, M.L., Mercado-Silva, E., Del Real, L.A., Gutiérrez-Cortez, E., Cornejo-Villegas, M.A., Quintanar-Guerrero, D., 2014b. The effect of nanocoatings with α -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut red delicious apples. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22, 188-196.
- Zeng, Q., Xu, Q., 1996. Studies on coating character of sodium alginate gel. (Engl. Transl.) *Journal of Dalian Fisheries College*, 11, 65-69.
- Zhang, D.L., Quantick, P.C., 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 195-202.
- Zhang, D.L., Quantick, P.C., 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73, 763-767.
- Zhang, H., Li, R., Liu, W., 2011. Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 917-934.
- Zhang, Y., Ma, Q., Critzer, F., Davidson, P.M., Zhong, Q., 2015. Effect of alginate coatings with cinnamon bark oil and soybean oil on quality and microbiological safety of cantaloupe. *International Journal of Food Microbiology*, 215, 25-30.
- Zheng, L.Y., Zhu, J.F., 2003. Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydrate Polymers*, 54, 527-530.
- Zheng, Y., Zhenfeng, Y., Xuehong, C., 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. *Food Control*, 19, 470-474.
- Ziani, K., Fernández-Pan, I., Royo, M., Mate, J.I., 2009. Antifungal activity of films and solutions based on chitosan against typical seed fungi. *Food Hydrocolloids*, 23 (8), 2309-2314.

7. EKLER



Ek 1: Polifenoloksidaz enzim aktivitesi ölçümünde oluşturulan örnek absorbands-süre değişim eğrisi



Ek 2: Toplam fenolik madde tayininde kullanılan çözeltiler ve kalibrasyon eğrisi

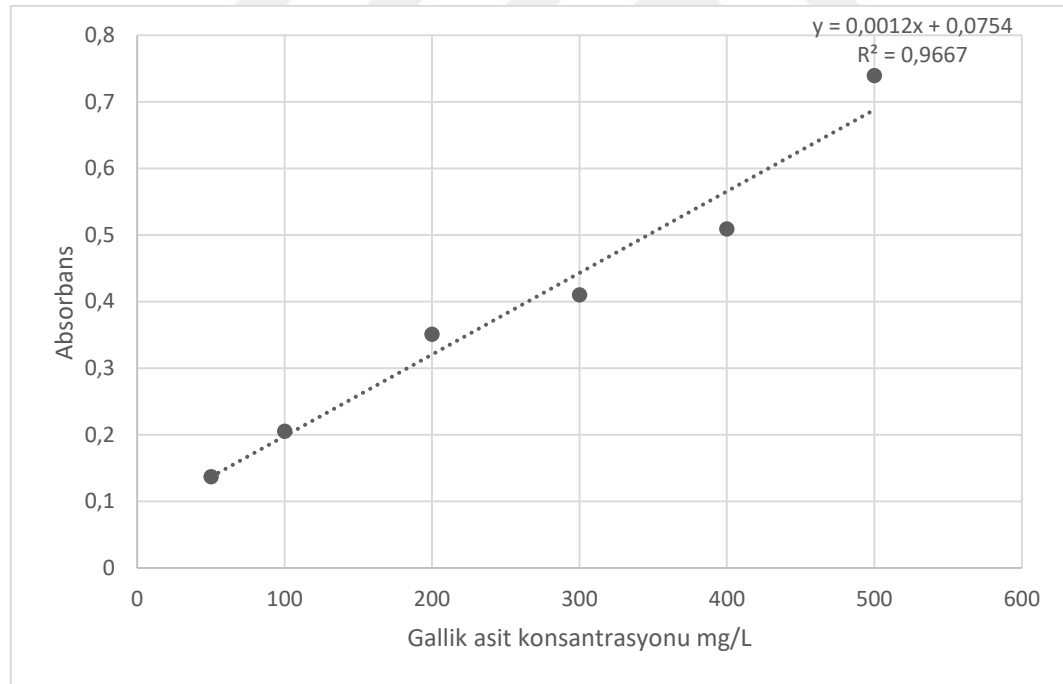
Gerekli çözeltiler:

Folin-Ciocalteu ayırıcı: 25 ml folin 250 ml'ye saf su ile tamamlanarak %10'luk çözelti hazırlanmıştır.

Doymuş sodyum karbonat (NaHCO_3) çözeltisi: 50 g NaHCO_3 alınarak 250 ml saf suda çözündürülerek %20'lik doymun çözelti hazırlanmıştır (24 saat önce).

Stok gallik asit çözeltisi: 0.025 g gallik asit çözeltisi 50 ml etil alkolde çözündürülmüştür.

Örnek Standart eğri



Ek 3: Antioksidan kapasite tayininde kullanılan çözeltiler ve kalibrasyon eğrisi

Gerekli çözeltiler:

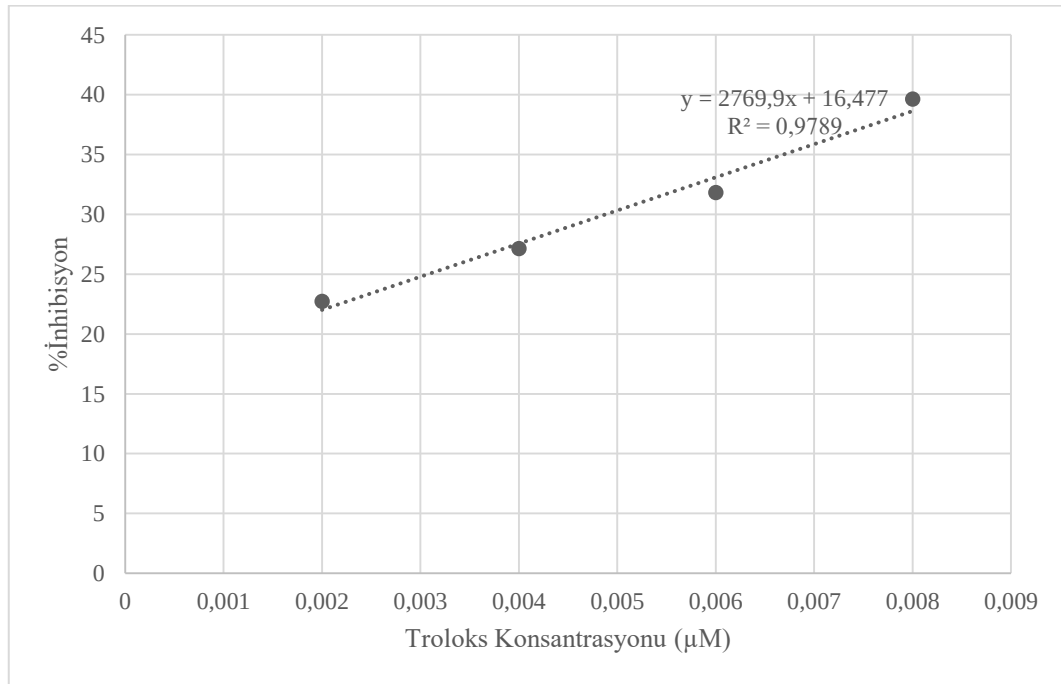
2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) çözeltisi: 0.0097g ABTS 2.5 ml saf suda çözündürülmüştür.

Potasyum peroksidisülfat ($K_2O_8S_2$) çözeltisi: 0.037 g $K_2O_8S_2$ 1 ml saf suda çözündürülmüştür.

Stok çözelti: ABTS çözeltisine 44 μ l $K_2O_8S_2$ çözeltisinden ilave edilmiş ve karışım oda sıcaklığında 12-16 saat karanlık ortamda bekletilmiştir (ABTS radikal çözeltisi).

Çalışma çözeltisi; 1 ml stok çözeltisinin 88 ml etil alkol ile 734 nm'de 0.700 (± 0.02) absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmesi ile hazırlanmış ve böylece başlangıç absorbans değeri belirlenmiştir.

Örnek Standart eğri



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Şeyda Karagöz

Doğum Yeri ve Yılı: Kırıkkale, 1987

Yabancı Dili: İngilizce

Lise: Seydişehir Mahmut Esat Anadolu Lisesi, Konya/Seydişehir

Lisans: Selçuk Üniversitesi; Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya.

Yüksek Lisans: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat

Yüksek lisans tez konusu: Kurutma İşleminin Üzümlerdeki Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi. Danışman: Ayşe Özbey (2013)

İletişim: E-posta: seyda.karagoz@gop.edu.tr, seydakaragoz@hotmail.com

Yazarın seçilen bazı yayınları:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Karagöz Şeyda, Demirdöven Aslıhan (2016). Termosonikasyon ve Geleneksel Isıtma Uygulamalarının Havuç Suyuna Etkileri: Pektin Metilesteraz inaktivasyonu ve Fizikokimyasal Özellikler. Gıda, 41 (5), 345-350.
2. Özbey Ayşe, Karagöz Şeyda, Cingöz Ali (2017). Kurutma İşleminin Üzümlerde Bulunan Pestisitler Üzerine Etkisi. Gıda, 42 (2), 204-209.
3. Karagöz Şeyda, Demirdöven Aslıhan (2017). *Stevia rebaudiana* Bitkisinin Tatlandırıcı, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özellikleri. Akademik Gıda (Kabul edildi-Baskıda).
4. Güllü Mehmet, Karagöz Şeyda (2017). Türk Kültüründe Kış Hazırlıkları: Reçel Türlerinin ve Üretim Metotlarının Değerlendirilmesi. AL-FARABI, International Journal on Social Sciences, 2 (AG), 156-167.
5. Karagöz Şeyda, Güllü Mehmet (2017). Türk Kültüründe Kış Hazırlıkları: Turşu Türlerinin ve Üretim Metotlarının Değerlendirilmesi. AL-FARABI, International Journal on Social Sciences 2, 95-105.

6. Karagöz Şeyda, Demirdöven Aslıhan (2017). Gıda Ambalajlamada Güncel Uygulamalar: Modifiye Atmosfer, Aktif, Akıllı ve Nanoteknolojik Ambalajlama Uygulamaları. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6 (1), 9-21.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. Karagöz Şeyda, Demirdöven Aslıhan (2017). Polyphenoloxidase Activity and Microbial Quality of Ready to Eat Apple Slices Covered with Sodium Alginate and Stevia Combinations. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar ve Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
2. Karagöz Şeyda, Demirdöven Aslıhan (2017). Creating of Film Formulations for Sliced Apples: Sodium Alginate, Chitosan and *Stevia rebaudiana*. The International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
3. Özbey Ayşe, Karagöz Şeyda (2011). Pesticide Residues in Grapes and Effect of Drying Process on Residues. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi 1, (Özet Bildiri/Poster).
4. Tanrıverdi Ebru, Akşit Zeynep, Karagöz Şeyda (2017). Sesame Oil; Composition, Characteristics and Effect on Health. 1. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi (Özet Bildiri/Poster).

Projelerde Yaptığı Görevler

1. Kurutma İşleminin Üzümlerdeki Bazı Pestisit Kalıntıları Üzerine Etkisi, BAP, Araştırmacı, 2012-2013 (ULUSAL).
2. Stevia İçeren Yenilebilir Film Formülasyonlarının Geliştirilmesi ve Yenilebilir Film Kaplama İle Modifiye Atmosferde Ambalajlama Kombinasyonun Az İşlem Görmüş Elmaların Raf Ömrüne Etkileri, BAP, Araştırmacı, 2016-2018 (ULUSAL).