

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞAL ANTİMİKROBİYAL KATKILI
KİTOSAN KAPLAMA İLE
ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI

Merve DURAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih:11/01/2013

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Cengiz CANER

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MERVE DURAN tarafından **Prof. Dr. CENGİZ CANER** yönetiminde hazırlanan "**DOĞAL ANTİMİKROBİYAL KATKILI KİTOSAN KAPLAMA İLE ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI**" başlıklı tez tarafımdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cengiz CANER

Danışman

Prof. Dr. Cengiz ATAŞOĞLU

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. N. Nükhet Zorba

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi: 11/01/2013

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi BAP 2012/009 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Merve DURAN

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, tecrübesi ve bilgi birikimiyle yol gösteren, öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cengiz CANER'e;

Tezimde önemli bir kısmı oluşturan mikrobiyolojik analizlerin gerçekleştirme ve yorumlama sürecinde katkılarını hiçbir zaman unutamayacağım, iyi bir çalışma gerçekleştirmem için yardımını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Nükhet ZORBA'ya;

Analizleri gerçekleştirmemden, yorumlama kısmına kadar başım sıkıştığında çekinmeden yardım istediğim, ayrıca istatistik analizlerde de bilgisine ve yardımına başvurduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY'a;

Çalışmamın mikrobiyolojik analiz kısmında Sayın Gülçin ÖZCAN'a, diğer analizlerimde ise katkı ve yardımlarından ötürü Sayın Arş. Gör. Mehmet Burak BÜYÜKCAN ve Arş. Gör. Rıza TEMİZKAN'a;

Öğütülmüş nar çekirdeği tozu ve öğütülmüş üzüm çekirdeği tozunun temin edilmesinde yardımcı olan Helvacızade Gıda ve İht. Mad. San. ve Tic. A.Ş.'ye,

Çalışmam boyunca destek ve yardımlarından ötürü değerli Hocalarıma ve Arkadaşlarıma;

Tezimin başlangıcından itibaren bana her türlü moral ve motivasyon sağlayan, yaşadığım stresli süreçte her zaman yanımda olan ve benden maddi-manevi desteklerini esirgemeyen Aileme;

Teşekkürü borç bilirim.

Merve DURAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

a^*	Kırmızılık
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans Analizi)
ATP	Adenozin Trifosfat
CaCl ₂	Kalsiyum Klorür
CFU/g	Koloni oluşturan birim/gram
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
DMAA	Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlama
DPPH	Difenil-2-pikrylhidrazil
DRBC	Dicloran Rose Bengal Chloramphenical Agar
EFSA	European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi)
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
g/kg	Gram/kilogram
GRAS	Generally Recognized as Safe (Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen)
HCl	Hidroklorik asit
IU/ml	International Units/mililitre
kDa	Kilodalton
KML	Karboksimetil-lizin
kPa	Kilopascal
L^*	Parlaklık
logkob/g	Logaritmik koloni oluşturan birim/gram
MAP	Modifiye Atmosfer Paketleme
ml/g	Mililitre/gram
mm/s	Milimetre/saniye

N	Newton
N ₂	Azot
NaOH	Sodyum Hidroksit
O ₂	Oksijen
ORAC	Oksijen Radikal Absorblama Kapasitesi
PCA	Plate Count Agar
PLA	Polilaktik asit
RH	Relative Humidity (Relatif Rutubet)
TPA	Tekstür Profil Analizi
USDA	United States Department and Agriculture (ABD Tarım Bakanlığı)
VRBA	Violet Red Bile Agar
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ÖZET

DOĞAL ANTİMİKROBİYAL KATKILI KİTOSAN KAPLAMA İLE ÇİLEĞİN RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI

Merve DURAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz CANER

11/01/2013, 82

Bu araştırma kapsamında kitosan kaplamayla birlikte uygulanan doğal antimikrobiyal maddeler (nisin, natamisin, nar çekirdeği tozu ve üzüm çekirdeği tozu) taze çileklere uygulanarak raf ömrünün arttırılması amaçlanmıştır.

Antimikrobiyal maddelerle kaplanan çilekler pasif modifikasyon yöntemiyle ambalajlanmış ve 4°C'de belirli periyodlarla (1, 5, 10, 18 ve 40 gün) pH, suda çözünür kuru madde, su aktivitesi, renk, ambalaj içi gaz konsantrasyonu, tekstür profil ve mikrobiyoloji analizler gerçekleştirilerek uygulamaların bu kalite kriterlerine etkisi araştırılmıştır.

Kırk gün depolama sonunda; kaplanmamış (kontrol grubu) çileklerin pH'sı farklı antimikrobiyal maddelerle kaplanan çileklerin pH'sından daha yüksek çıkmıştır. Suda çözünür kuru madde içeriği bakımından kontrol grubundaki çileklerle kitosan-nar çekirdeği tozu (9,983) ve kitosan-natamisin (9,467) kaplanmış çilekler arasında istatistiksel açıdan fark vardır.

Depolamanın 18. gününde su aktivitesi değerinde en fazla artış kontrol grubundaki çileklerde tespit edilmiş olup, kontrol grubuyla kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-natamisin kaplı örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Ambalaj içeriğine ait gaz konsantrasyonu sonuçları incelendiğinde, en düşük O₂ ve en yüksek CO₂ konsantrasyonuna sahip örnekler kontrol grubuna ait çilek ambalajlarında bulunmuştur. *L** ve *a** değerleri bakımından kontrol grubu diğer gruplardan daha düşük çıkmış olup, *L** değeri için en iyi sonuçlar kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı olanlarda, *a** değeri için en iyi sonuçlar ise kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı olanlarda tespit edilmiştir.

Tekstürün değerlendirilmesinde kullanılan sertlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi parametrelerde kaplama uygulamalarının pozitif etkisi görülmüştür. Ayrıca çalışmada koliform bakteri, aerobik mezofilik bakteri sayısı ve maya-küf sayısı bakımından antimikrobiyal kaplamaların çileklerin mikrobiyolojik kalitesine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre genel olarak, kaplama yapılan çileklerde kaplama yapılmayanlara göre mikrobiyal yük daha düşük çıkmıştır. Buna göre antimikrobiyal katkılı kaplamaların çileklerin raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ilek, raf ömrü, antimikrobiyal kaplama, mikrobiyolojik kalite

ABSTRACT

ENHANCEMENT OF SHELF LIFE OF FRESH STRAWBERRIES WITH CHITOSAN COATINGS CONTAINING NATURAL ANTIMICROBIAL SUBSTANCES

Merve DURAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science Engineering

Chair of Food Engineering Division,

Thesis of Master of Science

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Cengiz CANER

11/01/2013, 82

In this study, it is aimed to increase shelf-life of fresh strawberries that are coated by natural antimicrobial agents (nisin, natamycin, pomegranate seed powder, grape seed powder) together with chitosan.

Strawberries which are coated with antimicrobial agents packed in a passive method of modification and stored at 4°C. pH, water activity, color, soluble solids content, gas concentration of package, texture profile and microbiological activity and their effects were analyzed on quality attribute of strawberry during 40 days (1, 5, 10, 18 and 40).

At the end of 40 days of storage, the pH of uncoated strawberries (control group) was higher than the pH of coated strawberries with different antimicrobial substances. There was a statistical difference between control group strawberries and chitosan-pomegranate seed powder (9,983) and also chitosan-natamycin (9,467) in terms of total soluble solids content. The water activity increased during the storage.

At the end of 18th day, the highest increment in water activity was observed in the control group, but the statistical difference between the control group and chitosan-pomegranate seed powder and chitosan-natamycin coated samples was found significant. The lowest O₂ and the highest CO₂ concentration was observed in the strawberries packaging of control group. Compared with L^* and a^* values, control group has lower value than the other groups (coated ones). Strawberry coated with chitosan-grape seed powder was achieved

best results for L^* values. For a^* values, strawberry coated with chitosan- pomegranate seed powder was higher a^* values than other groups and control.

Firmness, adhesiveness, resilience, cohesiveness, gumminess, chewiness, and springiness parameters were used textural evaluation. All coated groups positively affected these parameters. Also in this research, the microbiologic quality of antimicrobial coated and control strawberries were analyzed in terms of coliform bacteria, aerobic mesophilic bacteria and yeast-mould counts. According to the research results, the microbial growths in the coated strawberries were lower than the uncoated strawberries. Consequently, these findings indicate that the antimicrobial coatings additives have a positive influence on the shelf-life of strawberries.

Key words: Strawberry, shelf-life, antimicrobial coating, microbial quality

İÇİNDEKİLER

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
BÖLÜM-1 GİRİŞ.....	1
1.1. Çilek	3
1.2. Meyve ve Sebzelerde Modifiye Atmosfer Paketleme.....	4
1.3. Yenilebilir Kaplamalar.....	7
1.3.1. Polisakkaritler.....	10
1.3.2. Proteinler.....	10
1.3.3. Lipidler.....	11
1.3.4. Karışımlar.....	12
1.4. Yenilebilir Kaplamalarda Plastikleştirici Kullanımı.....	12
1.5. Çalışmada Kullanılan Yenilebilir Kaplama Materyali.....	13
1.5.1. Kitosan.....	13
1.5.1.1. Kitinden kitosan eldesi.....	14
1.5.1.2. Özellikleri	14
1.5.1.3. Antimikrobiyal mekanizması.....	15
1.6. Antimikrobiyal Yenilebilir Kaplamalar	16
1.7. Çalışmada Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler.....	20
1.7.1. Nisin	20
1.7.1.1. Yapısı.....	20
1.7.1.2. Antimikrobiyal aktivitesi.....	20
1.7.2. Natamisin	21
1.7.3. Nar Çekirdeği Tozu.....	22
1.7.4. Üzüm Çekirdeği Tozu.....	23
BÖLÜM-2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	25

BÖLÜM-3 MATERYAL VE METOD..... 30

3.1. Materyal	30
3.1.1. Taze çilek	30
3.1.2. Kitosan	30
3.1.3. Nisin	30
3.1.4. Natamisin	30
3.1.5. Nar Çekirdeği Tozu.....	30
3.1.6. Üzüm Çekirdeği Tozu.....	30
3.2. Metot	31
3.2.1. Kaplama materyalinin hazırlanması.....	31
3.2.2. Çileklerin kaplanması.....	31
3.2.3. Yapılan analizler	31
3.2.3.1. pH	32
3.2.3.2. Suda çözünebilir kuru madde.....	32
3.2.3.3. Su aktivitesi.....	32
3.2.3.4. Renk.....	32
3.2.3.5. Tekstür profil analizi.....	32
3.2.3.6. Gaz değişim konsantrasyonu analizi	32
3.2.3.7. Mikrobiyolojik analizler.....	33
3.2.3.7.1. Test örneği hazırlama.....	33
3.2.3.7.2. Koliform sayımı	33
3.2.3.7.3. Aerobik-mezofilik bakteri sayımı.....	33
3.2.3.7.4. Maya-Küf sayımı.....	33
3.2.3.8. Görsel değerlendirme	33
3.2.3.9. İstatistiksel analizler.....	34

BÖLÜM-4 BULGULAR VE TARTIŞMA..... 35

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular.....	35
4.1.1. pH.....	35
4.1.2. Suda çözünebilir kuru madde.....	38
4.1.3. Su aktivitesi.....	40
4.1.4. Ambalaj içi gaz kompozisyonu.....	42
4.1.5. Renk değerleri.....	44
4.1.5.1. <i>L*</i> değeri.....	44
4.1.5.2. <i>a*</i> değeri.....	46
4.1.6. Tekstür profil analizi.....	48
4.2. Mikrobiyolojik Bulgular.....	55
4.2.1. Koliform bakteri analizi sonuçları.....	55
4.2.2. Aerobik-mezofilik bakteri analizi sonuçları.....	57
4.2.3. Maya-küf analizi sonuçları.....	59

BÖLÜM-5 SONUÇ VE ÖNERİLER..... 65

KAYNAKLAR.....	68
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	II
Özgeçmiş.....	III

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüz Dünyasında sağlık bilincinin yükselmesi; katkıdan uzak, yüksek besin değerine sahip, aktif koruma sistemi (antioksidan ve serbest radikal tutucu özellikler içeren) içeren taze gıdalara olan talebin artmasına yol açmıştır (Ragaert ve ark., 2004; Corbo ve ark., 2010). Farklı kuruluşlar (WHO, FAO, USDA, EFSA) kardiyovasküler hastalıklar ve kanser riskinin azaltılması amacıyla (sağlık özellikleri nedeniyle) taze meyve ve sebze tüketiminin arttırılmasını tavsiye etmişlerdir (Allende ve ark., 2006). Ayrıca meyve ve sebzelerin içerdikleri fenolik bileşenlerin antioksidan kaynağı olmaları ve sağlık üzerine olumlu etkileri de bunu destekler niteliktedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Hızla artan nüfus beslenme sorunlarına yol açarken, bu sorunun giderilmesinin yanında meyve ve sebze tüketiminin arttırılması da gerekmektedir (Akbay ve ark., 2005). Dengeli beslenme sorununun çözümü için ise meyve ve sebze üretim ve tüketiminin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Yeni gelişen teknoloji ve modern üretim girdilerinin kullanılmasıyla meyve üretiminde bir verim artışı gerçekleşmiştir. Üretim artışının yanında hasat sonrası kayıpların azaltılmasında önemlidir. Yaş meyve ve sebze üretimimizin (tür ve çeşide göre değişmekle birlikte) tahmini olarak % 10-30'u üreticiden tüketiciye ulaşıncaya kadar bozulup atılmaktadır (Özdemir ve ark., 2009).

Yaş meyve ve sebzelerin hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar olan aşamalarda ki kayıpların, hasat sırasında % 4-12, ürünlerin pazara veya hale taşınması sırasında % 2-8, pazara hazırlık aşamasında % 5-15, depolama sürecinde % 3-10 ve tüketim aşamasında % 1-5 olmak üzere % 15-50'ye kadar çıkabildiği bildirilmektedir (Anonim, 2012a).

Meyve ve sebze dokuları işleme ve tüketime kadar, hasat sonrası depolama boyunca doku yumuşaması, şeker düzeyinde artma veya azalma, organik asit seviyesinde azalma, fenolik ve amino asit içeriğinde azalma, solunum nedeniyle hücre materyalinin bozulması, olgunlaşma ile antosiyaninler veya karotenoidlerin sentezlenmesi veya parçalanmasıyla beraber klofilin ayrışması, uçucu bileşen kaybı ve üretimi gibi bir çok fizyolojik değişime uğrayabilir ve biyolojik olarak aktifliğini sürdürebilir (Lin ve Zhao, 2007; Carmen ve ark., 2011).

Dünya çapında popüler meyve haline gelen çilek (*Fragaria*), gülgiller (*Rosaceae*) familyası içinde yer alan bir bitki cinsi ve bu cins içinde yer alan türlerin meyvelerinin ortak adıdır. Çilek, yüksek besin değerine sahip olmanın yanında hasat sonrası solunum oranının yüksek olması nedeniyle hastalık yapan mikroorganizmalara karşı duyarlı, depolama boyunca

mekanik zararlanma, çürüme ve fizyolojik bozukluklara karşı hassastır (Campaniello ve ark., 2008; Sandyha, 2010). Çileğin yüksek solunum hızına sahip bir meyve olması, hasat sonrası depolama ömrünün kısa olmasına ve depolama boyunca meydana gelen kayıpların artmasına, dolayısıyla pazarlamada problem yaşanmasına neden olmaktadır (Vachon ve ark., 2003; Campaniello ve ark., 2008; Aday ve Caner, 2010).

Canlı dokularda solunum aktivitesi belirli oranda gerekli olmakla birlikte kontrolünün sağlanması raf ömrünü arttırarak depolanabilirliği geliştirebilir (Lin ve Zhao, 2007). Meyve olgunlaşmasının engellenmesinde sıcaklık en etkili faktör olup, raf ömrünü uzatmak için en sık kullanılan metod düşük sıcaklık uygulamasıdır. Ancak kalitenin daha da gelişmesi, taze çilekleri çevreleyen gaz atmosferinin değiştirilmesiyle sağlanabilir. Modifiye atmosfer paketlemede (MAP) amaç, ambalaj içindeki CO₂ konsantrasyonunun arttırılması, O₂ konsantrasyonunun azaltılması ve bu sayede meyve ve sebzelerin solunum hızlarının düşürülmesidir. Bu sayede meyve olgunlaşması geciktirilmekte veya önlenmektedir (Zhang ve ark., 2006; Sandyha, 2010). Zhang ve ark. (2006), taze çileklerde optimum gaz kompozisyonunu % 2,5 O₂ ve % 15 CO₂ olarak uygulamışlardır. Bu şekilde 4±0,5°C'de depolanan çileklerin raf ömürlerinin 4-6 güne kadar uzatıldığını tespit etmişlerdir.

Mikrobiyal bozulmayı azaltmak için uygulanan düşük sıcaklık ve modifiye atmosfer paketleme tekniklerinin çilekler üzerinde yeteri kadar etkili olmaması nedeniyle bu uygulamaların yerini endüstride yeni ve ilerlemiş metodlara bırakması ya da başka yöntemlerle birleştirilerek geliştirilmesi kaçınılmazdır (Farber ve ark., 2003; Luksiene ve Pazskeviciute, 2011). Ayrıca MAP uygulamasının her ürün için farklı etkisinin olması önemli bir problem oluştururken, fizikokimyasal değişim ve patojenik mikroorganizma gelişimine de neden olabilmektedir. Dolayısıyla tek başına gıdanın kalite ve güvenliğinin korunmasında yeterli görülmemektedir. Bu nedenle MAP uygulamalarının doğal antimikrobiyal bileşenlerin kullanımı gibi diğer muhafaza metodlarıyla birleştirilmesi önem kazanmıştır (Mastromatteo ve ark., 2010).

Meyve ve sebzelerde meydana gelen bozulmaları önlemek ve patojen mikroorganizmaları inhibe etmek için pek çok gıda muhafaza yöntemi geliştirilmektedir. Geliştirilen bu tekniklerden bir tanesi de yenilebilir film ve kaplamalardan faydalanmaktır. Yenilebilir film ve kaplamalar, tüketicilerin sağlık, beslenme, gıda güvenliği ve çevresel konulara olan ilgilerinin artması ayrıca bu maddelerin nem, oksijen, aromalar ve çözünen taşınımı geciktirme yetenekleri olması nedeniyle gün geçtikçe daha çok araştırılmaktadır (McHugh, 2000; Dutta ve ark., 2009). En yaygın ambalajlama yöntemlerinde birisi olan antimikrobiyal film ve kaplamalar, gıda yüzeyindeki mikroorganizmaların sayısını azaltılması

ya da üreme hızının yavaşlatılması ile gıdanın korunmasını sağlayan bir sistemdir (Ayana ve Turhan, 2010).

Yenilebilir kaplama uygulamaları gıda kalitesinin yükseltilmesini sağlamakta ve az işlenmiş ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Çünkü bu tür kaplamalar ürün çevresinde mikro-modifiye atmosfer yaratan gaz değişimine ve su kaybına karşı bir bariyer işlevi görmekte ve aynı uygulamalar diğer GRAS bileşenleri için taşıyıcı olarak hizmet edebilmektedir (Campaniello ve ark., 2008). Yenilebilir film ve kaplamalar, hidrokolloidler, lipidler ve kompozitler olmak üzere üç kategoriye ayrılır. Hidrokolloidler; proteinler ve polisakaritleri, lipidler; vaks, asilgliserol ve yağ asitlerini, kompozitler ise hidrokolloid bileşenleri ve lipidleri içermektedir (Valencia-Chamorro ve ark., 2011).

Bu çalışmada polisakarit kökenli bir kaplama materyali olan kitosan, farklı antimikrobiyal maddelerle kombine edilerek çilek meyvesinin kaplanması ve raf ömrüne etkisi araştırılmıştır. Araştırmada çilekler kaplanmamış (kontrol), yalnız kitosanla kaplanmış, kitosan-nisin, kitosan-natamisin, kitosan-nar çekirdeği tozu, kitosan-üzüm çekirdeği tozu ile kaplama uygulamaları kullanılarak;

- 1) Her grupta depolama boyunca çilek kalitesi üzerine (pH, suda çözünür kuru madde, su aktivitesi, ambalaj içi gaz konsantrasyonu, renk değeri ve tekstür) etkinlikleri belirlenmiş,
- 2) Her grupta depolama boyunca koliform bakteri, aerobik-mezofilik bakteri ve maya-küf değerleri belirlenerek, hangi grupta mikrobiyolojik açıdan en iyi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir.

1.1. Çilek

Çilek (*Fragaria×ananassa*) içeriğindeki yüksek miktarda C vitamini, folat, fenolik bileşenler gibi antioksidan kapasitesi olan biyoaktif bileşenlerin kaynağı olan meyvedir. Çilek yüzeysel kök yapan otsu bir bitki olup, meyvesi gerçek bir meyve olmayıp yenen kısmı 40-60 kadar pistilin birleştiği çiçek tablasıdır. Çilek, taze tüketiminin yanında reçel, meyve suları ve jöle gibi işlenmiş formlarında da tüketiminin fazla olması nedeniyle dünya çapında ekonomik ve ticari öneme sahip bir meyvedir (Giampieri ve ark., 2012). Ayrıca antioksidan kaynağı olmasının yanında içerdiği fitokimyasallar (flavanoidler, fenolik asit, tanenler gibi) ve esansiyel besin öğeleri sayesinde insan sağlığı açısından oldukça yararlıdır (Çizelge 1.1) (Fernandes ve ark., 2012).

Çizelge 1.1. Çileğin 100 g'da bulunan besin değeri miktarı (Anonim, 2012f)

Besin değeri	Miktarı (100 g'da)
Protein	0,7 g
Karbonhidrat	8,4 g
Kolesterol	0
Yağ	0,5 g
A vitamini	60 IU
B1 vitamini	0,03 mg
B2 vitamini	0,07 mg
B3 vitamini	0,6 mg
B6 vitamini	0,055 mg
C vitamini	77 mg
E vitamini	0,2 mg
Folik asit	4,6 mcg
Lif	1,3 g
Fosfor	21 mg
Kalsiyum	21 mg
Demir	1 mg
Potasyum	164 mg
Magnezyum	12 mg

Çilek hasat sonrası, dayanıksız bir meyve olması nedeniyle kısa raf ömrüne sahiptir ve depolama boyunca mekanik zarara, kuruma, çürüme ve fizyolojik bozulmalara karşı oldukça hassastır (Garcia ve ark., 1998; Campaniello ve ark., 2008; Nielsen ve Leufvén, 2008).

Soğutma meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında çokça kullanılan bir methodur. Düşük sıcaklıkta (0-4°C) depolanan çileklerin raf ömrü genel olarak 5 gün civarındır. Soğutmaya birleştirilen kontrollü ve modifiye atmosfer paketleme gibi yöntemler hasat sonrası raf ömrünün uzatılmasına yardımcıdır. Yenilebilir kaplamalar meyve yüzeyinde gaz bariyeri olarak hareket ederek solunumu azaltmaya yardımcıdır. Kolay bozulabilen ürünlerin yüzeyine uygulanan yenilebilir kaplamaların diğer yöntemlerle birleştirilmesi ürünlerin depolanabilirliğini arttırmaktadır. Yenilebilir kaplama uygulanan taze meyveler ürün çevresinde modifiye atmosfer yaratarak soğukta depolamayla raf ömürleri iyileştirilir (Park ve ark., 2005; Vargas ve ark., 2006; Hernández-Muñoz ve ark., 2008). Dolayısıyla yenilebilir film ve kaplamaların çilek gibi hassas meyvelere uygulanabilirliği raf ömrü açısından olumlu sonuç elde edilmesini sağlamaktadır.

1.2. Meyve ve Sebzelerde Modifiye Atmosfer Paketleme

Son yıllarda taze meyve ve sebzelere olan talep, kalitenin korunması ve raf ömrünün uzatılması için var olan metodların geliştirilmesini ve yeni metodların araştırılmasını gerekli kılmıştır (Farber ve ark., 2003). Modifiye atmosfer paketleme (MAP), ürün kalitesi, tazeliği

ve raf ömrünü arttırmasının yanında ürüne değer kazandırması ve tüketiciye kolaylık sağlaması gibi avantajlarının olması nedeniyle gıda ambalaj pazarında hızlı bir şekilde büyümektedir (Mastromatteo ve ark., 2010).

Modifiye atmosfer paketleme, paketin içerisinde gıdayı çevreleyen havanın elimine edilmesi (oksijenin) ve farklı konsantrasyonlarda CO₂ ve N₂ ile doldurularak, buzdolabında uygun depolama şartlarında aerobik mikroorganizmaların, proteolitik bakterilerin, maya ve küflerin gelişiminin inhibe edilmesiyle taze veya minimumum işlenmiş gıdaların raf ömrünü uzatma tekniğidir (Swiderski ve ark., 1997; Sandhya, 2010). Başka bir deyişle gıdanın kalitesinin ve depolama ömrünün arttırılması için normal hava kompozisyonundaki gaz bileşimlerinin değişimiyle optimum atmosfer koşullarının sağlanmasıdır (Farber ve ark., 2003). MAP'ın raf ömrü üzerindeki etkisi; ürün tipine, taze materyalin başlangıç kalitesine, gaz karışımına, depolama sıcaklığına, işleme ve paketleme esnasında hijyene, gaz/ürün hacim oranına ve paketleme materyalinin koruma özelliklerine bağlıdır (Sivertsvik ve ark., 2002). MAP özellikle az işlenmiş (soyulmuş, doğranmış, dilimlenmiş) meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılması, duyuşal ve ticari kalitelerinin korunması amacıyla uygulanan etkili bir teknolojidir. Ayrıca taze veya çabuk bozulabilen ürünlerde aroma ve besin değerinin arttırılması, dağıtım giderlerinin azaltılması ve ürünlerin tazeliğinin korunmasında kullanılan bir yöntemdir. Meyve ve sebzeler diğer gıdalardan farklı olarak hasat sonrası bir süre daha solunuma devam ettiklerinden O₂ tüketip CO₂ üretirler. Buda tepe boşluğundaki gaz kompozisyonunun değişimine neden olur. Meyve ve sebzelerde ambalaj filminin geçirgenliği, ürün solunumuyla adapte olursa ambalaj içinde denge modifiye atmosfer oluşturur. Bu ürünlerde modifiye atmosfer paketleme, ürün tarafından pasif olarak (pasif MAP) sağlanır. Bunun dışında diğer ürünlerde MAP, paket içine belirlenen oranda gaz karışımı verilmesiyle (aktif MAP) gerçekleştirilir (Mastromatteo ve ark., 2010; Sandya, 2010).

Modifiye atmosfer paketlemede temel olarak O₂, CO₂ ve N₂ gazları kullanılır. MAP'ta kullanılan gaz karışımı; ürün tipi, paketleme materyali ve depolama sıcaklığına bağlıdır. O₂, renksiz, kokusuz ve suda çözünürlüğü az olan bir gazdır. Anaerobik mikroorganizma gelişimini inhibe ederken, aerobik mikroorganizma gelişimini destekler. Lipidlerde oksidasyon ve ransidite, meyve ve sebzelerde hızlı olgunlaşma ve fırın ürünlerinde bayatlama gibi reaksiyonların meydana gelmesine neden olur. N₂; inert ve tatsız bir gazdır. Gıdalarda düşük çözünürlükteki N₂ paket göçmesini önler. Aerobik mikroorganizmaların gelişimini desteklemez ancak anaerobiklerin gelişimini de önlemez. CO₂ ise renksiz bir gazdır. Bakteriyostatik etkili olup, birçok üründe solunumu yavaşlatır (Mastromatteo ve ark., 2010; Sandya, 2010).

MAP tekniği, çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Herhangi bir kimyasal kullanılmadan gıdaların taze ve doğal olarak kalması ve bu şekilde raf ömrünün uzatılmasının yanında, ekonomik kayıpların azaltılarak, yüksek kaliteli ürün elde edilmesi gibi avantajları vardır. Ancak her ürüne farklı formülasyonda uygulanması ve bunun için özel ve pahalı ekipman gereksinimi, artan paket hacminin lojistik maliyetini arttırması yöntemin dezavantajları arasında sayılabilir (Mastromatteo ve ark., 2010).

Modifiye atmosfer paketlemenin; elma, kiraz, çilek, ahududu, brokoli, kuşkonmaz, mantar, kırmızı biber, incir, taze kesilmiş meyve ve sebzeler gibi kolay bozulabilen ürünlere uygulanması oldukça yaygındır (Mangaraj ve ark., 2009). Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalara oldukça fazla rastlanmaktadır.

Caner ve Aday (2009) modifiye atmosfer paketlemede çeşitli gaz konsantrasyonlarının çileklerin kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. % 60 O₂ veya % 4 O₂ konsantrasyonları % 21 O₂ ile kıyaslandığında briks ve titrasyon asitliğinde azalma ile pH artışının geciktiği gözlemlenmiştir. Depolama sonunda çilek *L** değerinde biraz azalma olmuştur. Yüksek konsantrasyonda O₂'nin çilek kalitesini en az 12 gün koruduğu belirtilmiştir.

Ding ve ark. (2002) modifiye atmosfer paketlemenin yenidoğru meyvesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Modifiye atmosfer paketlenmiş meyvede 5°C'de 60 gün depolamadan sonra delikli polietilen ambalaja (% 8,9) göre su kaybının minimum düzeyde olduğu bildirilmiştir (% 0,9-1,5). Modifiye atmosfer paketlemeyle yenidoğru meyvesinin organik asit seviyesinin korunduğunu fakat toplam şeker içeriğinin önemli düzeyde etkilenmediği ifade edilmiştir. Yenidoğru meyvesi için modifiye atmosfer paketleme koşullarında depolama sıcaklığı önemli bulunmakla birlikte görünüm ve kimyasal bileşenler için en iyi sonuçlar % 4 O₂ ve % 5 CO₂ atmosfer koşullarında elde edilmiştir. Bu atmosferik koşullar altında yenidoğru meyvesinin 5°C'de 2 ay yüksek kalitede ve risk gelişimi olmadan depolanabildiği saptanmıştır.

Modifiye atmosfer paketleme uygulamasının yeşil kuşkonmazlarda raf ömrü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, görünüş, su kaybı, pH ve asitlik, C vitamini, tekstür ve mikrobiyal kalite kontrol edilmiştir. Yeşil kuşkonmazların raf ömrünün uzatılması ve güvenliğinin arttırılmasının yanında, duyu ve besinsel kalitenin korunması için en iyi sonuçlar 2°C'de soğutmayla kombine edilmiş modifiye atmosfer paketlemede elde edilmiştir (Villanueva ve ark., 2005).

Meyve ve sebzelerde depolama boyunca meydana gelen değişimlerin etilen, su kaybı ve solunum kaynaklı olduğu söylenebilir. Etilen olgunlaşmayı başlatan hormon olmasının yanında aroma, renk, tekstür değişimlerine neden olur. Hasat sonrası su kaybı ise enzimlerin

neden olduğu metabolik aktiviteyi azaltarak meyve yaşlanmasının hızlanması, aromada değişim ve besin değerinde düşüş meydana getirir. Bir diğer önemli faktör ise solunumdur. Meyve ve sebzeler hasat sonrası bir süre daha solunuma devam ederek, O₂ tüketip, CO₂ üretirler. Ortamdaki O₂ azaldıkça solunumda azalır. Oksijen seviyesinin eşik değerin altına düşmesi istenmeyen aroma değişimlerine neden olur (Olivas ve Canovas, 2009). Meyve ve sebzelerde meydana gelen istenmeyen değişimlerin önlenmesinde modifiye atmosfer veya kontrollü atmosfer uygulamaları oldukça başarılı uygulanmaktadır. Düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonunda modifiye atmosfer uygulamasının taze ürünler arasında çileklerde mikrobiyal gelişimin inhibe edilmesinde ve bozulmanın azaltılmasında oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Hernández-Muñoz ve ark., 2006).

1.3. Yenilebilir Kaplamalar

Yenilebilir kaplama, kısaca gıda ürünün yüzeyine yenilebilir materyalin (hidrokolloid veya lipid) ince tabaka halinde uygulanmasıdır. Yenilebilir film ve kaplama terimleri gıdaları korumak, raf ömrünü uzatmak amacıyla, gıdanın yüzeyine uygulanan ince tabakalı, gıdayla birlikte yenilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen ve dağıtım ve pazarlamada önemli rol oynayan maddeler olarak tanımlanmaktadır (Guilbert, 1986; Corbo ve ark., 2010; Falguera ve ark., 2011). Kaplamalar ürün korumasının veya içerik zenginleştirmesinin artırılması için yüzeyde direkt olarak film tabakasının oluşturulması suretiyle elde edilir (McHugh, 2000; Valencia-Chamorro ve ark., 2011). Yenilebilir filmler ya da kaplama sistemleri arasında temel farklılık; yenilebilir kaplamaların yapısal matriks (karbonhidrat, protein, lipid veya çok bileşenli karışım) tarafından oluşturulan çözeltiliye (solüsyona) bağlıdır. Uygulama ürünün çözeltiliye daldırılması ya da püskürtülmesiyle gerçekleştirilirken, yenilebilir filmler ürünü sarma şeklinde uygulanmaktadır (Falguera ve ark., 2011). Böylece solunumun yavaşlatılması, nem kaybının kontrol edilmesi ve diğer fonksiyonların sağlanması için yüzeyde yarı geçirgen bir membran oluşturulur (Lin ve Zhao, 2007).

Yenilebilir kaplamalar, meyve ve sebzelerin hasat sonrası yaşamının uzatılması için ek bir uygulama olmasının yanında çoğu üründe nem transferi, oksidasyon işlemi veya gaz değişiminin kontrolü için uygulanır (Çizelge 1.2). Ayrıca yenilebilir kaplamalar ve filmler daha fazla geçirgenlikleri nedeniyle formüle edilerek taze meyvelerde modifiye atmosfer etkisi yaratırlar (Garcia ve ark., 1998; Betoret ve ark., 2011).

Çizelge 1.2. Bazı meyvelerde kaplama uygulamalarına örnekler (Lin ve Zhao, 2007)

Ürün	Kaplama Materyali	Ana Fonksiyon
Çilek	Kaktüs müsilaj Kazeinat- Peynir altı suyu proteini Kitosan Kitosan; HPMC Pullulan Nişasta bazlı Buğday gluteni bazlı	O ₂ bariyer Mikrobiyal bariyer H ₂ O bariyer; Ca; E vitamini taşıyıcı H ₂ O bariyer; antimikrobiyal taşıyıcı O ₂ /CO ₂ /H ₂ O bariyer H ₂ O bariyer; antimikrobiyal taşıyıcı O ₂ /H ₂ O bariyer O ₂ /CO ₂ /H ₂ O bariyer
Mango	Vaks; Şellak; Zein Selüloz türevleri	
Ahududu	Kitosan	H ₂ O bariyer; Ca; E vitamini taşıyıcı
Elma	Kazeinat; peynir altı suyu proteini	O ₂ bariyer; antioksidant taşıyıcı
Narenciye	Kitosan	O ₂ /CO ₂ /H ₂ O bariyer
Avokado	Metilselüloz	O ₂ /CO ₂ /H ₂ O bariyer

Yenilebilir kaplama uygulamaları, oksijen, karbondioksit ve aroma bileşenleri için seçici bariyer sağlayabilme, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatma ve gıda kalitesini geliştirme potansiyeline sahiptirler (Çizelge 1.3) (Andrade ve ark., 2012). Ayrıca çevre dostu olarak dikkate alınırlar (Vu ve ark., 2011).

Yenilebilir film ve kaplamalar gıdanın su kaybını önledikleri gibi oksijen geçirgenliğini azalttığı için mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı da gıdayı korurlar. Kaplamalar gıdanın yüzeyinin daha parlak ve pürüzsüz görünmesini sağlayarak, görsel kaliteyi de iyileştirirler. Bununla birlikte yenilebilir kaplamalar ve filmler besin ögesinin, antimikrobiyal maddelerin, antioksidanların, besin, aroma ve renk maddelerinin çok iyi birer taşıyıcısıdır. Kaplamaların hasat sonrası kayıpların azaltılması ve ürün raf ömrünü arttırmasında yüksek potansiyele sahip olmaları nedeniyle gıda sanayisinde önemli etkileri mevcuttur (Betoret ve ark.,2011; Carmen ve ark., 2011).

Çizelge 1.3. Bazı sentetik polimerlerin ve yenilebilir film/kaplamaların ($25\pm 2^\circ\text{C}$ 'de % 50-70 RH) geçirgenliklerinin karşılaştırılması (Lin ve Zhao, 2007)

Film/kaplama materyali	O_2 ($\text{m}^3.\text{m}/\text{m}^2.\text{s.Pa}$)	Geçirgenlik	
		CO_2 ($\text{m}^3.\text{m}/\text{m}^2.\text{s.Pa}$)	H_2O buharı ($\text{m}^3.\text{m}/\text{m}^2.\text{s.Pa}$)
Sentetik Polimer			
Polyester	$2,69.10^{-19}$	$2,61.10^{-17}$	$3,6.10^{-13}$
Polipropilen (PP)	$5,5.10^{-17}$	-	$6,5.10^{-13}$
Polivinil klorür (PVC)	$5,15.10^{-19}$	$1,35.10^{-18}$ - $2,7.10^{-17}$	$2,16.10^{-11}$
Polietilentetraftalat (PET)	$2,15.10^{-19}$	$6,7.10^{-19}$ - $1,12. 10^{-18}$	-
Yenilebilir kaplama materyali			
Metilselüloz	$3,85.10^{-6}$	$6,9.10^{-5}$	$9,35.10^{-11}$
Hidroksipropil selüloz	$3,1.10^{-6}$	$1,13.10^{-4}$	$5,55.10^{-7}$
Sükroz poliester	$2,10. 10^{-18}$	-	$4,2.10^{-13}$
Zein	$7,84.10^{-19}$	$2,67.10^{18}$	$1,17.10^{-10}$
Kitosan	$1,4.10^{-21}$	-	$4,9.10^{-10}$
Buğday gluteni	$2,89. 10^{-17}$	$2,13.10^{-18}$	$9,18. 10^{-11}$

Yenilebilir kaplamaların hazırlanmasında kullanılan bileşenler üç gruba ayrılır; polisakkaritler (nişasta, nişasta türevleri, selüloz, pektin, alginat), proteinler (jelatin, kazein, buğday gluteni, zein, soya proteini) ve lipid (balmumu, asitle monogliseridler, yağ alkoller, yağ asitleri) gibi biyolojik materyaller (Andrade ve ark., 2012). Kaplama materyali seçimi, genellikle suda çözünebilmeleri, hidrofilik ve hidrofobik yapı, kaplamaların kolay oluşumu ve duyuşal özelliklere bağlıdır (Lin ve Zhao, 2007).

- 1- Polisakkaritlerden oluşan hidrokolloidler; alginat, pektin, karragenan, nişasta, nişasta hidrolizatları, selüloz türevleri gibi maddelerden oluşmaktadır.
- 2- Proteinlerden oluşan hidrokolloidler; bitkisel kökenli proteinler (mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini ve yer fıstığı proteini gibi) ve hayvansal kökenli proteinler (keratin, kollajen, jelatin, kazein ve peynir altı suyu proteini) olarak iki gruba ayrılmaktadır.
- 3- Lipitler (yağlar); vaks ve parafin, asetogliseridler, resinden oluşmaktadır.

1.3.1. Polisakkaritler

Bu grupta; bitki gamları (pektinler, alginatlar), selüloz türevleri, nişasta ve nişasta türevleri, yosun, kitin/kitosan ve mikrobiyal polisakkaritler yer almaktadır (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997). Polisakkarit filmler hidrofilik özellik gösterdiklerinden dolayı nem bariyeri özellikleri zayıftır (Kester ve Fennema, 1986; Guilbert ve ark., 1996). Polisakkaritlerin gaz bariyer özellikleri iyi olup, meyve ve sebzelerin kesit yüzeyine kolaylıkla yapışabilmektedirler.

1.3.2. Proteinler

Bu grup, bitkisel kökenli proteinler ve hayvansal kökenli proteinler olarak iki gruba ayrılmakta ve kaplandıkları gıdanın besin değerini arttırmaktadırlar. Film oluşturucu olarak kullanılan bitkisel kökenli proteinler; mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini, yer fıstığı proteini, keratin, kollajen, jelatin, kazein ve peynir altı suyu proteini hayvansal kökenli kaynaklardan elde edilen film oluşturuculardır. Protein filmlerin oksijen, karbondioksit ve lipidlere karşı iyi bariyer olma ve iyi sayılabilecek mekaniksel dayanım özellikleri vardır (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997; Krochta, 1997). Genelde protein filmlerin, sentetik polimer filmlere kıyasla proteinlerin hidrofilik doğasından dolayı su bariyer özellikleri zayıftır (Padgett ve ark., 2000).

Polisakkaritler ve proteinler, moleküller arasında güçlü interaksiyonlarla birleşmiş (hidrojen bağları, Van der Waals interaksiyonları, kristalizasyon veya birincil değerlik) moleküler ağ formunda polimerlerdir (Andrade ve ark., 2012). Çizelge 1.4'te yenilebilir kaplama uygulamalarında çoğunlukla çalışılan hidrokolloidlere örnekler verilmiştir. Polisakkaritler ve proteinler mükemmel mekanik ve yapısal özellik gösterirken, nem (su buharı) geçirgenliğine karşı düşük bariyer kapasitesine sahiptir. Bu problem hidrofobik özellikleri nedeniyle lidiplerde görülmemektedir (Falguera ve ark., 2011).

Kazein ve peynir altı suyu proteinleri bol, ucuz ve hazır olduklarından yaygın olarak kullanılmaktadır. Selüloz gam bazlı yenilebilir kaplamalar ise, mango, papaya ve muz benzeri bazı klimakterik meyvelerde olgunlaşmayı geciktirmek için uygulanmaktadır (Vachon ve ark., 2003).

Çizelge 1.4. Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında çalışılan hidrokolloidler (Skurtys ve ark., 2012)

Film Oluşturma Materyali		Temel fonksiyon	
Polisakkaritler	Alginat	Jelleştirme ajanı	
	Karregenana	Jelleştirme ajanı	
	Selüloz Türevleri	Karboksimetil selüloz	Kıvam verici
		Hidroksipropil selüloz	Kıvam verici ve emülsifiyer
		Hidroksipropil metilselüloz	Kıvam verici
		Metil selüloz	Kıvam verici, emülsifiyer ve jelleştirme ajanı
	Kitosan	Jelleştirme ajanı ve antimikrobiyal	
	Gam	Arabik gam	Emülsifiyer
		Guar gam	Kıvam verici
		Ksantam gam	Kıvam verici
Pektin	Jelleştirme ajanı		
Nişasta	Kıvam verici ve jelleştirme ajanı		
Protein	Jelatin	Jelleştirme Ajanı	
	Peynir altı suyu proteini	-	

1.3.3. Lipidler

Lipid filmler; mum (Vaks), parafin (petrol), arı mumu, polietilen mumlar, şellak kaplamaları (böcek salgısı), sakkaroz yağ asit esterleri ve yüksek erime noktalı gliseridlerdir. Lipit bileşikler gliserol ve yağ asitlerinin esterleri ve uzun zincirli yağ asitlerinin esterlerini içerirler. Bu kaplamalar, hidrofobik özellikleri (düşük polariteli olmaları) nedeniyle su buharına karşı iyi bariyerdirler. Lipid materyalleri, polimer olmadıklarından yalnız başlarına düzgün sabit film halinde durmazlar. Fakat parlaklık sağlamaları ve rutubet bariyeri olmasından dolayı kullanımları artmaktadır (Han, 2000). Günümüzde, lipid bazlı kaplama materyalleri, genellikle kompozit kaplama oluşumu, farklı materyallerin istenen özelliklerinin

avantajlarını kullanmak için polisakkarit veya protein bazlı kaplama materyalleriyle birlikte uygulanır (Lin ve Zhao, 2007).

Vakslar, reçineler, nötral lipidler ve yağ asitlerini içeren lipid bazlı kaplamaların faydalı özellikleri; diğer kaplama formundaki ajanlarla iyi uyumları ve polisakkarit ve protein bazlı kaplamalarla kıyaslandığında yüksek su buharı ve gaz bariyer özelliklerini içermesidir. Buna rağmen lipid bazlı kaplamalar, vaksli tat ve lipid ransiditesi gibi arzu edilmeyen organoleptik özellikler ve kaygan yüzey problemleri oluşturur (Lin ve Zhao, 2007).

Temel üç grubun dışında, polisakkarit, protein ve lipidlerin farklı formülasyonlarla bir arada kullanıldıkları birleşik (kompozit) filmlerde oluşturulabilmektedir.

1.3.4. Karışımlar

Yenilebilir filmler ve kaplamalar polisakkaritler, proteinler ve/veya lipidlerin karışımından da elde edilerek her bileşenin farklı özelliklerini (fonksiyonlarını) bir araya getirmek amacıyla karıştırılan kompozit filmlerle oluşturulabilmektedir. Proteinler iyi bir oksijen, karbondioksit ve lipid bariyeri sağlarken, lipidlerin nem bariyer özelliği gelişmiştir. Proteinler mekanik özellikleri iyi olmasının yanında oda sıcaklığında sulu çözelti şeklindedir. Lipidlerin ise mekanik özellikleri zayıftır. Gıda ürünlerinde görsel özellikleri geliştirerek parlaklık sağlarlar. Genellikle işlenmiş meyve ve sebzelerde kullanılan kaplamalardır (McHugh, 2000; Yalçın ve Yener, 2007; Carmen ve ark., 2011). Kaplamaların beraber kullanımıyla bileşenlerin olumsuz özellikleri giderilir ve yenilebilir film/kaplamaların fonksiyonları geliştirilir.

Karışım kaplamalar ya da filmler polisakkarit/protein tarafından desteklenen lipid katmanı/polisakkarit/protein matrisi içinde dağılan lipid materyalleridir. Bu uygulamanın asıl amacı farklı kaplama bileşenlerinin en iyi özelliklerinin tek bir kaplama/film içerisinde birleştirilmesidir (Apaydın, 2007).

1.4. Yenilebilir Kaplamalarda Plastikleştirici Kullanımı

Yenilebilir film ve kaplamalarda plastikleştiricilerin kullanımı mekaniksel özelliklerin geliştirilip, film esnekliği ve uzayabilirliğin artırılması için önemlidir. En çok kullanılan plastikleştirici diğerleriyle kıyaslandığında daha stabil ve hidrofilik biyopolimerik zincirle uyumlu olmasından dolayı gliseroldür. Gliserol; renksiz, kokusuz ve suda çözünebilen bir maddedir (Sarıküş 2006; Carmen ve ark., 2011).

Plastikleştiricilerin etkilerinin çeşitli mekanizmalarla gerçekleştiği ifade edilmektedir. Birincisi teoride plastikleştiricinin, polimer zincir arasında yağ gibi davranarak, sürtünme

kuvvetini azalttığı ve hareketi kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Jel teorisine göre, polimer-polimer arasındaki etkileşimleri bozarak mekanik özellikleri etkilemesidir. Serbest hacim teorisinde ise, plastikleştiriciler plastikleştirme için gereken camsı geçiş sıcaklığını düşürmektedir (Leerehawong ve ark., 2012).

1.5. Çalışmada Kullanılan Yenilebilir Kaplama Materyali

1.5.1. Kitosan

Kitin, selülozdan sonra doğada en bol bulunan ikinci polisakkarittir (Peniche ve ark., 2008). Kabuklu hayvanların ve böceklerin destekleme materyali olup $\beta(1-4)$ bağı ile 2 asetamido-2 deoksi- β -D glukozdan oluşmaktadır. Ayrıca kitin; beyaz, sert, esnek olmayan, azotlu bir polisakkarittir ve kıyı alanlardaki yüzey kirliliğinin temel kaynağıdır (Ravi Kumar, 2000).

Kitosan ise, yengeç, karides ve kerevit gibi kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarının ana bileşeni olan kitinin [poli- β -(1 \rightarrow 4)-N-asetil-D-glukozamin] deasetilasyonu ile elde edilen toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen, biyo uyumlu, biyo fonksiyonel ve antimikrobiyal aktivitesi ile potansiyel bir koruyucu madde olan doğal bir karbonhidrat polimeridir (Dutta ve ark., 2009; Carmen ve ark., 2011). Kitosanın yapısında reaktif amino (NH_2)- grupları bulunur. Bu serbest amino grupları kitosanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin temelini oluşturmaktadır.

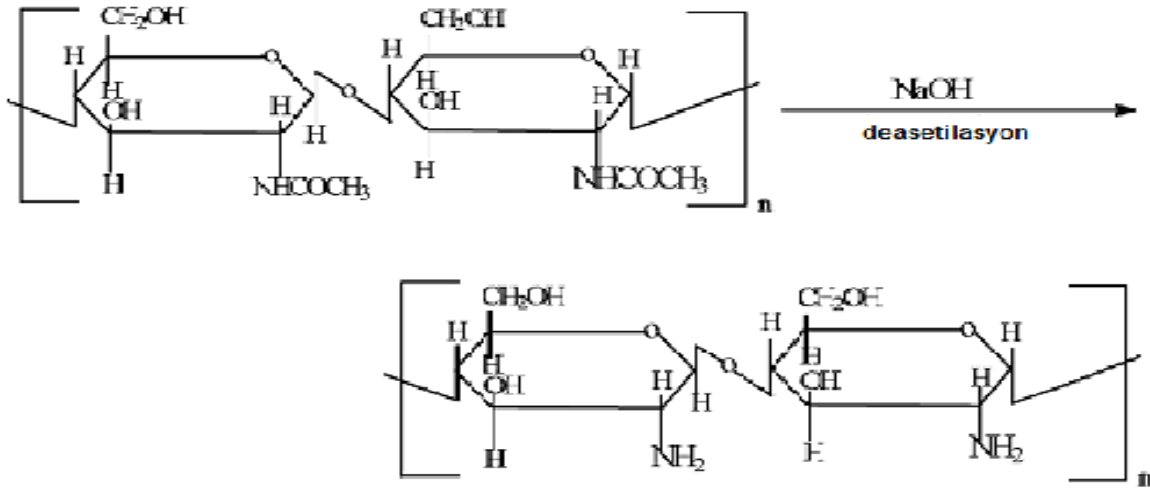
Kong ve ark. (2010)'na göre ideal bir antimikrobiyal polimer aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

- 1) Kolay ve ucuz sentezlenmesi,
- 2) İstenilen uygulama sıcaklığında uzun dönem kullanım ve depolama stabilitesi,
- 3) Su dezenfeksiyon uygulamaları için suda çözünmesi,
- 4) Ayrışmaz olması ve toksik ürünler yaymaması,
- 5) Kısa temas süresinde patojenik mikroorganizmaların geniş spektrumuna biyosidal etki göstermesidir.

Doğal poliaminosakkarit olarak kitosan, bu niteliklerin çoğuna sahiptir. Dolayısıyla kaplama uygulamalarında kullanımı oldukça yaygındır.

1.5.1.1. Kitinden kitosan eldesi

Kitosan eldesinde ilk olarak kabuk üzerindeki doku kalıntılarının giderilmesi için yükseltmiş sıcaklıklarda (65-100°C) seyreltik NaOH solüsyonu kullanılarak (% 1-10) deproteinizasyon işlemiyle proteinlerin ayrılması sağlanır. Daha sonra deminerilizasyon işlemiyle kabukluların temel inorganik bileşeni kalsiyum karbonat oda sıcaklığında seyreltik HCl solüsyonuyla giderilir. Bu işlemden sonra kabuklar yıkanır, preslemeyle su oranı % 6'nın altına düşürülerek kitin elde edilir. Kitin deasetilasyonunda, % 40 NaOH içeren güçlü alkali ortamında yüksek sıcaklıkta (120°C) 1-3 saat süreyle asetamit gruplarının hidrolizi gerçekleştirilir ve % 70 deasetile kitosan üretilir (Şekil 1.1) (Ravi Kumar, 2000; Bostan ve ark., 2007; Peniche ve ark., 2008)



Şekil 1.1. Kitinden Kitosan Eldesi (Ravi Kumar, 2000).

Kitosan; biyo bazlı ambalaj materyalleriyle karşılaştırıldığında, mineral ve vitamin gibi fonksiyonel maddelerin içeriğine dahil edilebilmesi yeteneğine sahip olması ayrıca iyi film oluşturma, geniş antimikrobiyal aktivite ve diğer maddelerle iyi uyumu sayesinde çilekler için en umut verici kaplama materyali olmuştur (Park ve ark., 2005; Dutta ve ark., 2009).

1.5.1.2. Özellikleri

Kitin ve kitosanın eşsiz özellikleri, polioksi tuz oluşumu, film oluşturma yeteneği, şelat metal iyonları ve optik yapısal özelliklerden kaynaklanır (Ravi Kumar, 2000). Kitin yüksek hidrofobik özelliği nedeniyle suda ve çoğu organik çözücüde çözünemez (Ravi Kumar, 2000). Kitosan ise asetat, askorbat, laktat ve malat formunda zayıf organik solüsyonlu kitosan

türevleri olarak suda çözünmekte iken inorganik çözücülerde çözünürlüğü sınırlıdır (No ve ark., 2007; Erkan Koç ve Özkan, 2011).

Düşük moleküler ağırlıklı kitosan sulu ortamda yüksek moleküler ağırlıklı kitosandan daha çözündür. 10000-100000 arasında değişen kitosanın molekül ağırlığı bakterilerin gelişmesini engellemeye yardımcı olmaktadır. Moleküler ağırlık çözünürlükle ilgili olup, hedeflenen mikroorganizmanın aktif kısmıyla tepkimede büyük önem taşır. Ortalama molekül ağırlığı 9300 olan kitosan *Escherichia coli*'yi engellemede etkili olurken, 2200 moleküler ağırlıklı kitosan mikroorganizma gelişimine ivme kazandırmaya yardımcı olmaktadır (Dutta ve ark., 2009; Aider, 2010).

Kitosan C-2 pozisyonunda bir amino, C-3 ve C-6 pozisyonlarında birincil ve ikincil hidroksi grup olmak üzere 3 tane reaktif grup içermektedir (Erkan Koç ve Özkan, 2011). pH 6'nın altında glukozamin monomerlerinin C-2 gruplarının pozitif yükü olmasından ötürü, kitosan kitine göre daha çözündür ve daha iyi antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (Dutta ve ark., 2009).

1.5.1.3. Antimikrobiyal mekanizması

Kitosanın antimikrobiyal aktivitesi kullanılan kitosanın çeşidine (deasetilasyon derecesi, moleküler ağırlık), ortamın pH'ı, sıcaklık, birkaç gıda bileşeninin varlığı vb. gibi birtakım faktöre bağlıdır (Devlieghere ve ark., 2004).

Kitosanın antimikrobiyal mekanizması henüz tam olarak açıklığa kavuşturulmamış olup antimikrobiyal özelliklerinin açıklanmasında üç mekanizma ileri sürülmüştür. En uygulanabilir hipotez, pozitif yüklü kitosan moleküllerinin amino grupları nedeniyle mikrobiyal hücrenin membranındaki makromoleküllerin artıklarından (lipopolisakaritler ve proteinler) negatif yüklülerle etkileşmesidir (No ve ark., 2007; Martínez-Camacho ve ark., 2010). İkinci mekanizmada ise kitosan iz metallere seçici bağlanarak şelatlama ajanı olarak hareket eder ve böylece mikrobiyal gelişimi ve toksin üretimini inhibe eder (Dutta ve ark., 2009). Üçüncü mekanizmaya göre, düşük moleküler ağırlıklı kitosan hücre çekirdeğine girmeye yatkındır. DNA'yla bağlanarak, mRNA ve protein sentezinin inhibisyonuna öncülük eder ve ayrıca çeşitli enzimlerin etkisini de inhibe etmektedir (No ve ark., 2007; Dutta ve ark., 2009; Martínez-Camacho ve ark., 2010).

Küf hücre duvarını indirgeyen ve bitki dokularındaki bitki-savunma enzimi kitinazı uyarması nedeniyle geniş antifungal özelliğe sahiptir (Lin ve Zhao, 2007). Kitosan genellikle bakterilerden çok küflere karşı güçlü antimikrobiyal etkiye sahiptir (No ve ark., 2007). Kitosan antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle geniş aralıkta gıda kaynaklı iplik şeklinde mantar,

maya ve bakterilere karşı doğal orijinli potansiyel gıda koruyucusu olarak dikkat çekmiştir (No ve ark., 2007).

Yüksek deasetilasyon derecesi kitosan çözünürlüğü ve yük yoğunluğunu artırır. Bu kitosanın bakteri hücrelerine yapışması için önemli iki faktördür. Düşük pH değerlerinde (5,5'e kadar) kitosanın antimikrobiyal aktivitesi artar. Çünkü asidik pH aralığında protonasyon ve çözünürlük daha yüksektir. Kitosanın antimikrobiyal aktivitesi 37°C'de, buzdolabı sıcaklığından daha iyidir (Aider, 2010).

1.6. Antimikrobiyal Yenilebilir Kaplamalar

Gıdalarda mikrobiyal gelişmeyi azaltmak ya da kontrol altına almak ve kalitedeki kayıpları azaltarak raf ömrünü artırmak için antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinin kullanımı son yıllarda artmaya başlamıştır. Meyve-sebze gibi çabuk bozulan ürünlerin yüzeyine uygulanan yenilebilir kaplamaların antimikrobiyallerle birleştirilmesi ilave koruma sağlamakta ürün muhafazasını arttırmaya yönelik uygulamalara ilgiyi arttırmaktadır. Antimikrobiyal ambalajlama, uzun yıllardır ilgi çeken bir uygulamadır. Bu alanda araştırmalar devam ettikçe daha çok üründe muhafaza yöntemi olarak tercih edilmesi de artacaktır (Cooksey, 2005).

Antimikrobiyal maddelerin kullanılması ile gıda ve ambalaj malzemesinde bulunan mikroorganizmaların gelişimlerinin belirli düzeyde veya tamamen yavaşlatılması ya da durdurulması sağlanabilmektedir. Gıda antimikrobiyalleri, ürünün mikrobiyal gelişimini kontrol etmek ve raf ömrünü uzatmak için yenilebilir film ve kaplamalara ilave edilen doğal ve sentetik kimyasal ajanlardır. Çizelge 1.5'te çeşitli antimikrobiyal ajanlar sınıflandırılmıştır. Asetik, benzoik, fumarik, laktik, malik, propiyonik, sorbik, süksinik, tartarik asit gibi organik asitler en bilinen sentetik antimikrobiyallerken, kitosan, polipeptitler, bitki yağları, ekstratları ve baharatlar doğal antimikrobiyal ajanlardır (Valencia-Chamorro ve ark., 2011).

Gıda yüzeyiyle etkileşim halinde bulunan antimikrobiyal film/kaplamalar, spesifik mikroorganizmaların üreme hızını düşürerek canlı mikroorganizma sayısını azaltmakta, böylece gıda güvenliğini ve tazeliğini koruyarak gıdanın raf ömrü ve kalitesini arttırabilmektedir. Antimikrobiyal kaplama uygulamalarında, kaplama materyali ile kaplanmış gıda yüzeyinde, oksijen yetersizliği ve antimikrobiyal maddelerle doğrudan etkileşim nedeniyle mikroorganizma gelişimi gözlenmez. Mikrobiyal gelişim kaplama yüzeyinde gerçekleşir. Başlangıçta antimikrobiyal madde içermeyen gıda tabakasına, antimikrobiyal maddenin difüzyon hızına bağlı olarak film ve kaplamadan antimikrobiyal

madde geçişi olur, buna bağlı olarak antimikrobiyal madde miktarı azalır (Ayana ve Turhan, 2010).

Çizelge 1.5. Gıda ambalajlamada kullanılan tipik antimikrobiyal ajanlara örnekler (Mistry, 2006)

Antimikrobiyal ajanların sınıflandırılması	Örnekler
Organik Asitler	Propiyonik, benzoik, sorbik, asetik, laktik, malik, süksinik, tartarik
Mineral Asitler	Fosforik Asit
İnorganikler	Sülfidler, sülfür dioksit
Parabenler	Metil, propilparaben
Antibiyotikler	Natamisin
Enzimler	Laktoperoksidaz, lizozim, laktoferrin
Metaller	Gümüş, bakır
Şelat Ajanları	Etilen daimin tetra asetat, purosfat, sitratlar
Bakteriosinler	Nisin, pediosinler
Fungusitler	Benomil, imazalil
Esansiyel Yağlar	Eugenol, thimol, salisilaldehid, sinnamik asit
Proteinler	Konalbumin, Katepsin
Fenolik Antioksidanlar	Bütillendirilmiş hidroksianisol, Bütillendirilmiş hidroksitoluen, 2-terbütilhidrokinon

Antimikrobiyal paketleme birkaç form içerir;

- 1) Paketler içine uçucu antimikrobiyal ajanlar içeren saket/pet ilavesi,
- 2) Polimerlere direkt olarak uçucu ve uçucu-olmayan antimikrobiyal ajanların ilavesi,
- 3) Polimer yüzeyine antimikrobiyallerin kaplanması veya adsorbe edilmesi,
- 4) İyon veya kovalent bağlarla polimerlere antimikrobiyal immobilizasyonu,
- 5) Kendi antimikrobiyal olan polimerlerin kullanımı (Appendini ve Hotchkiss, 2002).

Kitosan gibi bazı polimerler doğal olarak antimikrobiyal özellik gösterirler ve kaplama ve filmlerde kullanılmaktadırlar. Kitosan kaplama materyali olarak taze meyveleri ve sebzeleri küf bozulmasından korur. Antimikrobiyal etkisi antifungal özellikleriyle niteliklendirilen kitosan, ürünlerdeki besinlerle mikroorganizmalar arasında bariyer olarak

hareket eder (Appendini ve Hotchkiss, 2002). Aynı zamanda yenilebilir kitosan filmlerin antimikrobiyal ajanlarla birleştirilmeleri, kitosanın antimikrobiyal etkisini geliştirmektedir (Dutta ve ark., 2009).

Antimikrobiyalin seçimi için, hedef mikroorganizmaya karşı etkisi, antimikrobiyaller arasında olası etkileşimi, film oluşturucu biyopolimer ve mevcut diğer gıda bileşenleri dikkate alınmalıdır. Bu etkileşimler film karakteristiği ve antimikrobiyal aktiviteyi değiştirebilir (Carmen ve ark., 2011). Antimikrobiyallerin ana hedefleri, metabolik son ürünlerin veya enzim aktivitesi sonucu meydana gelen istenmeyen koku, istenmeyen aroma, tekstür ve renk değişimine neden olan, gıda zehirlenmeleri ve bozulma yapan mikroorganizmalardır (Oms-Oliu ve ark., 2010).

Antimikrobiyal yenilebilir kaplamalar ve yenilebilir filmler gıda kontaminasyonunun kontrolünde alternatif etki göstermektedir. Yenilebilir film ve kaplamalara katılan bileşenlerden bazıları, küf ve mayaların gelişimini sinerjistik olarak önleyen ve bileşenleri serbest bırakma yeteneğine sahip olan, sorbik asit, benzoik asit, sodyum benzoat, sitrik asit, potasyum sorbat ve nisin veya pediosin gibi bakteriosinler ve hatta natamisindir (Çizelge 1.6) (Falguera ve ark., 2011).

Çizelge 1.6. Yenilebilir film ve kaplamalardaki farklı bileşenlerin aktif paket/saket olarak kullanımını (Falguera ve ark., 2011)

Bileşenler	Etki
Gellan gum, alginat ve gellan gum, sorbik asit, benzoik asit, sodyum benzoat, sitrik asit	Fenoliklerin artması Gaz geçirgenliği modifikasyon Antimikrobiyal
Potasyum sorbat	Antimikrobiyal
Nisinler, pediosin	Antimikrobiyal
Kitosan matriksinde natamisin	Antimikrobiyal
Hidroksipropilmetil selüloz matriksinde çay ağacı esansiyel yağı	Antimikrobiyal
Kitosan	Antimikrobiyal
Kitosan	Raf ömrü uzatma
Kitosan-oleik asit	Raf ömrü uzatma
Kitosan	Doku dayanıklılığı korunması
Kitosan	Solunum oranı azalması
Kitosan	Fungustatik
Esansiyel yağlar	Antimikrobiyal ve Antioksidant

Bozulma yapan ve patojenik mikroorganizmaların genellikle gıda ürün yüzeyinde gelişmesi nedeniyle antimikrobiyal ajanların esnek ambalaj film (kaplama) içine ilavesi bu probleme karşı bir alternatiftir. Buna ilaveten, yenilebilir kaplamaların potansiyel aroma tutulumu ve oksijen bariyeri olarak, gıda paketleme teknolojisinde ilgi çekici olmasını sağlamaktadır (Geraldine ve ark., 2008).

1.7. Çalışmada Kullanılan Antimikrobiyal Maddeler

1.7.1. Nisin

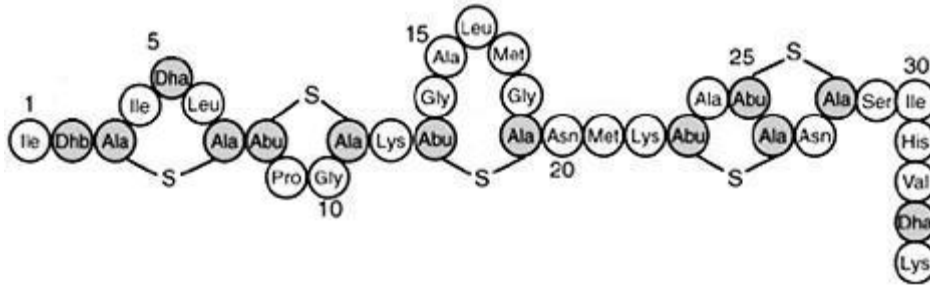
Nisin, bakteriyosinler içerisinde en kapsamlı çalışılan, gıda uygulamaları için onaylanarak gıda endüstrisinde yaygın uygulamaları kabul edilmiş antimikrobiyal ajandır (De Arauz ve ark., 2009). *Lactococcus lactis subsp. lactis*'in belirli türü tarafından üretilen nisin, 1928 yılında Rogers ve Whittier tarafından İngilterede keşfedilmiştir (De Arauz ve ark., 2009).

Nisinin biyokoruyucu olarak kullanımı geniş yelpazede taze ve işlenmiş gıdalarda büyük ölçüde araştırılmaktadır (Sobrino-López ve Martín-Belloso, 2008). Diğerlerine kıyasla, güvenli kullanımı, gram pozitif patojenlere ve bozulma yapan ajanlara karşı belgelenmiş etkinliğinden dolayı nisin popüler bir bakteriyosindir (Chen ve Hoover, 2003).

1.7.1.1. Yapısı

Nisin, fosfolipit ve yağ asitleri gibi farklı bileşenleri bağlayabilen yüksek yüzey-aktif bir moleküldür. Bu özellik nisinin, katı yüzeylere adsorbsiyonunu kolaylaştırarak, bağlandığı bakteri hücrelerinin öldürülmesi için uygun hale getirir. Nisin 3,5 kDa molekül ağırlığında, 34 aminoasit kalıntısının oluşturduğu bir peptittir (Sobrino-López ve Martín-Belloso, 2008). Şekil 1.2'de nisinin kimyasal yapısı gösterilmektedir.

pH, proteinler, yağ ve nişasta gibi gıdanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, doğal bileşenlerin antimikrobiyal aktivitesini değiştirebilir. Nisin, asit pH'ında yüksek aktivitede olup, bu aktivite pH 7'nin üzerinde kaybolmaktadır (De Arauz ve ark., 2009).



Şekil 1.2. Nisin yapısı (Hampikyan ve Çolak, 2007).

1.7.1.2. Antimikrobiyal aktivitesi

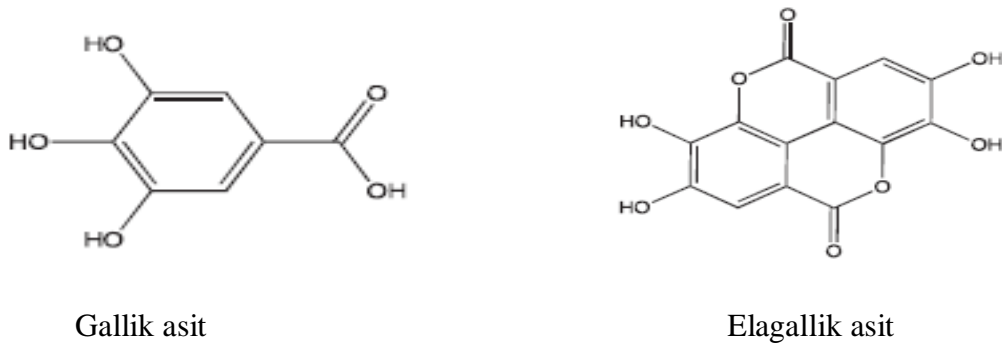
Nisin sadece vejetatif hücrelere karşı etkili değil, ayrıca *Bacillus cereus* ve *Clostridium botulinum* gibi ısıya dirençli sporların inhibisyonunda da etkilidir (Marathe, 2008). Vejetatif hücrelerde nisinin hedef bakteri üzerindeki etkisi, sitoplazmik membrana zarar vermesidir. Nisin, protonu harekete geçirici kuvvetleri, hücre ölümüne neden olan ATP hidrolizi ve iyon

Natamisin stabilitesi yüksek pH koşullarında, ısıya maruz kaldığında ve oksidasyon olduğunda bozulur. Trihidrat formunda hem nem hem de ışığa karşı stabildir (Anonim, 2012d). Natamisin daha çok peynir yüzeyinde küf gelişimini önlemek için uygulanır (Fajardo ve ark., 2010). Ayrıca et ürünlerinde ve meyvelerde de küf gelişiminin önlenmesinde etkilidir (Bierhalz ve ark., 2012).

Cong ve ark. (2007)'nin 30°C'de Hami kavun örneklerinde yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, 20 gün sonra natamisinle ilaveli çift tabakalı kitosan ve polietilen vaks uygulanan kavun örneklerinde su kaybı ve bozulmanın azaldığı, hasat sonrası bozulmalarına neden olan patojenlerin gelişiminin bu uygulamayla önlendiği belirtilmiştir.

1.7.3. Nar Çekirdeği Tozu

Nar bilinen en eski yenilebilir meyvelerdendir ve Türkiye nar üretimi konusunda oldukça önemli bir yere sahiptir. Narın biyoaktif bileşenlerce zengin olması günlük diyetle sağlık için kullanımını arttırmıştır (Caliskan ve Bayazit, 2012). Sağlık üzerine olumlu etkisi olan fenolik bileşenlerden ellagitannini fazla miktarda içermesinin dışında punicalagin A ve B, ayrıca Şekil 1.4'te gösterilen gallik asit ve elagallik asit gibi polifenol bileşenlerinden bazılarını da barındırır (Akalin, 2011; Qu ve ark., 2012). Fitokimyasallar önemli antioksidanlardır ve serbest radikallerin uzaklaştırılmasında etkilidirler. Ayrıca yüksek redoks potansiyeli ve metal şelatlama özelliğine sahiptirler. Fenolikler böylece antioksidan, antimikrobiyal, antibakteriyel ve antiviral etki gösterirler (Haminiuk ve ark., 2012). Narında fenolik bileşenlerce zengin bir meyve olması nedeniyle olumlu etkileri çalışmalarla desteklenmektedir.



Şekil 1.4. Gallik asit ve Elagallik asit kimyasal yapısı (Qu ve ark., 2012).

Nar kabuğu ekstraktları yüksek antioksidan kapasitesi, serbest radikal yakalama ve oksidasyonu önleyici etkisi nedeniyle lipid içeriği olan ürünlerde çalışılmaktadır. Kanatt ve ark. (2010) nar kabuğu ve çekirdeği ekstraktı ilave edilen tavuk ürünlerinin antioksidan ve

antimikrobiyal potansiyelini araştırmışlardır. Sonuçlara göre nar kabuğu ekstraktı mükemmel bir antioksidan aktivite gösterirken, nar çekirdeği ekstraktı önemli bir aktivite göstermemiştir. Buna ilaveten % 0,01 gibi düşük konsantrasyonda bile nar kabuğu ekstraktının *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'a karşı iyi bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği saptanmıştır. Nar kabuğu ekstraktıyla zenginleştirilmiş tavuk eti ürünlerinde raf ömrü 2-3 hafta geliştirilerek, oksidasyon kontrolü sağlanmıştır. Naveena ve ark. (2008) pişirilmiş tavuk köftesine nar kabuğu ekstraktının katılmasıyla L^* değerinde ilave edilmeyenlere göre önemli bir azalma olduğunu saptamışlardır. Çalışma sonucuna göre nar kabuğu ekstraktının iyi bir antioksidan kaynağı olduğu tespit edilerek, nar kabuğu ekstraktının tavuk köftelerinde lipid oksidasyonunu önleyici etkisi olduğu kanıtlanmıştır.

1.7.4. Üzüm Çekirdeği Tozu

Üzüm çekirdeği ekstraktı iyi bir antimikrobiyal ajandır ve fenolik bileşenlerce zengindir. Başlıca monomerik kateşinler, epikateşin, gallik asit, polimerik ve oligomerik prokyanidin kaynağıdır ve standart üzüm çekirdeği ekstraktı % 74-78 oligomerik proantosiyanidin ve kuru ağırlık bazında yaklaşık % 6 serbest flavanol monomerleri içerir (Perumalla ve Hettiarachchy, 2011; Rubilar ve ark., 2012). Üzüm çekirdeği ekstraktının antioksidan özellikleri, serbest radikal süpürme etkisi gösterme (süperoksit, hidroksil ve 1,1-difenil-2-pikrylhidrazil (DPPH), metal şelatlama özelliği ve hidroperoksit oluşumu ve etkisini azaltma suretiyle gerçekleşmektedir (Perumalla ve Hettiarachchy, 2011).

Üzüm çekirdeği tozu, üzüm çekirdeğinin ezilip öğütülmesiyle elde edilen, kabuk, lif ve fruktoz içeriği minimum olan yaklaşık 9000 yıldır varlığını sürdüren bir maddedir (Anonim, 2012e). Üzüm çekirdeği; hastalık oluşumunda etkili reaktif oksijen türlerinin ortadan kaldırılmasını sağlayan antioksidatif bileşenlerin iyi bir kaynağıdır. Ayrıca üzüm çekirdeği fenoliklerinin antioksidan aktivitesi, çeşitli kanser türlerinin önlenmesinde etkilidir (Li ve ark., 2008).

Üzüm çekirdeği ile yapılan çalışmalar oksidasyonu önleme etkisinin olması nedeniyle genellikle hindi, tavuk eti ürünlerinde yoğunlaşmıştır. Mielnik ve ark. (2006)'na göre çeşitli konsantrasyonlarda (% 0; 0,4; 0,8; 1,6 g/kg) hindi göğüs etine üzüm çekirdeği ekstraktı uygulamasının, düşük konsantrasyonlarda bile lipid oksidasyonuna karşı soğukta depolanmış hindi etlerinde koruma sağladığı ifade edilmiştir. Üzüm çekirdeğinin oldukça fazla antioksidan içeriğine sahip olması son dönemlerde farklı ürünlerde de çalışılmasını ilgi çekici hale getirmiştir. Peng ve ark. (2010) ekmeğe üzüm çekirdeği ilavesiyle antioksidan aktiviteyi araştırmış olup, üzüm çekirdeği ilave edilen ekmeklerde kalite özelliklerinin azda olsa

geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca konsantrasyona bağlı olmak suretiyle sağlık riski bulunan karboksimetil-lizin (KML) azalması üzüm çekirdeği ekstraktının sağladığı yüksek antioksidan aktiviteyle ilişkilendirilmiştir. Yine bu konuda yapılan başka bir çalışmada, çeşitli konsantrasyonlarda (% 1, 2, 4 ve 20) kullanılan üzüm çekirdeği ekstraktlarının antibakteriyel özelliklerinin araştırılmış, gıda bozulmasının önlenmesinde en etkili konsantrasyonu % 4 ve % 20 olduğu tespit edilmiştir (Göktürk ve Baydar, 2004).

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Taze çilek hasat sonrası mekanik etkilere karşı oldukça hassas ve mikrobiyal gelişime açık olması nedeniyle kolay bozulabilen bir meyvedir. Yeni gelişen teknoloji ve modern üretim girdilerinin kullanılmasıyla çilek üretiminde bir verim artışı gerçekleştirilmiş olsa da, çilek sezonunun kısa oluşu nedeniyle raf ömrünün artırılmasına gereksinim vardır. Taze çileğin bozulmasına neden olan değişimlerin kontrol altına alınarak bozulma tamamen veya kısmen engellenebilir. Taze çilek doğası gereği hassas bir ürün olması nedeniyle, bunların depolanması ve dağıtılması arzu edilen raf ömrünün sağlanmasına bağlıdır. Gıdaların yetiştirilmediği bölgelerde ve bulunmadığı mevsimlerde tüketilmesini sağlamak için çeşitli yöntemlerle muhafaza edilebilir.

Raf ömrünün arttırılması için birçok muhafaza yöntemleri uygulanmakta ve bu yöntemlerin uygulamasıyla çileğin ekstra korunması sağlanabilmektedir. Taze meyve ve sebzelerde patojenik mikroorganizmaların gelişimini azaltmak ve raf ömrünü artırmak için çeşitli koruma teknikleri (soğukta muhafaza, kontrollü ve modifiye atmosferde) kullanılmaktadır. Gıdalarda mikrobiyal gelişmeyi önleyebilmek ya da kalite kayıplarını azaltarak raf ömrünü artırmak için kaplama uygulamaları, özellikle antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinden yararlanılması gün geçtikçe artmaya başlamıştır. Literatürde, doğal polimerlerden ya da bu polimerlerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla üretilen, antimikrobiyal özellik kazandırılmış kaplamaların kullanılması ile ilgili yapılmış pek çok araştırma bulunmaktadır (Ayana ve Turhan, 2010).

Havuç dilimlerinin (çubuklarının) muhafazasında yenilebilir kitosan kaplama ve MAP birlikte kullanılarak fitokimyasallarca zenginleştirilmesi ve kalitenin korunması incelenmiştir. Kitosan kaplamayla birlikte MAP uygulamasının havuç çubuklarında fenolik içeriği arttırdığı ayrıca bu uygulamayla havuç çubuklarının kalitesinin korunduğu ifade edilmiştir (Simões 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 kaplama-MAP uygulamasının esmerleşmeyi önlediği ve raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Xing ve ark., 2010).

Son yıllarda, tüketici bilinci ve sentetik kimyasal katkılara karşı endişe, gıda muhafazasında doğal katkı maddeleri kullanımına ilginin artmasına yol açmıştır. Gıdalarda istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmek için, doğrudan doğruya

antimikrobiyaller, kaplama materyallerinin içerisine katılarak, ürün yüzeylerinin kaplanmasında kullanılmaktadır.

Kitosan bazlı kaplamalar, meyve ve sebzelerde mikroorganizma gelişimini inhibe etmektedir. Bunun yanı sıra etilen üretimini ve oksijen seviyesini azaltmakta, karbondioksit konsantrasyonunu ise arttırarak raf ömrünü uzatmaktadır (Falguera ve ark., 2011). Kayısların kalite parametrelerinin araştırıldığı bir çalışmada, kitosan kaplama uygulanmış meyvelerin 0°C'de 25 gün depolama sonunda, kaplanmamış meyvelere göre suda çözünür madde, titrasyon asitliği, pH ve C vitamini içeriklerinde önemli bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak kitosan kaplı kayısların toplam fenolik içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin ise kaplanmayan örneklerle göre arttığı belirtilmiştir (Ghasemnezhad ve ark., 2010).

Guava meyvesinde kitosan kaplamanın meyvenin fizikokimyasal karakteristikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise, % 0,5; % 1 ve % 2 kitosan konsantrasyonları uygulanan örnekler % 90-95 nisbi rutubette 11°C'de depolanmışlardır. % 2 kitosan solüsyonu uygulanan guava meyvelerinde 12 gün boyunca titrasyon asitliği, C vitamini kaybı, klorofil, malondialdehit ve toplam çözünür katı içeriğindeki değişimlerin geciktiği, sertlik ve su kaybının önemli derecede azaldığı ifade edilmiştir (Hong ve ark., 2012).

Kitosan kaplamanın mango dilimleri üzerine etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, % 0; % 0,5; % 1 ve % 2 kitosan solüsyonları kullanılmıştır. Kitosan kaplamanın, kaplanmayan mango dilimlerine göre su kaybını geciktirdiği ve duyu kaliteyi koruduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında kaplamanın suda çözünür kuru madde içeriğini, titrasyon asitliğini ve askorbik asit içeriğini arttırdığı gözlemlenmiştir. Kitosan kaplamaların dilimlenmiş mangolarda raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu bildirilmiştir (Chien ve ark., 2007).

Kaplama solüsyonları ya da filmlerini antimikrobiyallerle birleştirerek gıdanın kalite özelliklerinin geliştirilmesi, çeşitli ürünlerin farklı materyallerle kaplanmasını ilgi çekici hale getirmiştir. Üzüm çekirdeği ekstraktı, nisin ve etilendiamintetraasetik asidin (EDTA) soya proteinine ilavesiyle, filmin fiziksel ve antimikrobiyal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, *L. monocytogenes*'e karşı en iyi inhibe etkinin bu üç antimikrobiyalin (% 1 üzüm çekirdeği ekstraktı, 10000 IU/g nisin ve % 0,16 EDTA), bir arada kullanılmasıyla elde edildiği belirtilmiştir. Depolama sonunda *L. monocytogenes* popülasyonunda 2,9 logkob/g azalma tespit edilirken, fiziksel parametrelerde de kontrole göre bu kombinasyon pozitif etki göstermiştir. Hazır et ürünlerinde kalitenin gelişimi ve raf ömrünün korunması için bu kombinasyonun kullanılmasıyla başarılı sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (Sivarooban ve ark., 2008).

Kitosan filmine antimikrobiyal ilave edilerek filmin antimikrobiyal aktivitesinin iyileştirilmesinin konu edildiği çalışmada, antimikrobiyal madde olarak sarımsak yağı, potasyum sorbat ve nisin kullanılmıştır. Kitosana ilave edilen bu koruyucuların *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* gibi patojenlere karşı antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, kitosan içine ilave edilen 51000 IU/g nisin, 100 ml/g sarımsak yağı ve 100 ml/g potasyum sorbat ile, istenen mekanik, fiziksel ve görünüm özellikleri elde edilmiş olup, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* 'a karşı antimikrobiyal etki sağlamıştır. Ayrıca sarımsak yağı ilave edilen kitosan kaplamaların antimikrobiyal aktivitesinin arttığı ve herhangi bir aroma değişimine rastlanmadığı belirtilmiştir (Pranoto ve ark., 2005).

Soğukta depolanmış *Camarosa* cinsi çileklerde, kitosana ilave edilen oleik asitin, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklere, küf bozulması, su buharı geçirgenliği, solunum oranı gibi kalite parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, kitosan-oleik asit kaplanan *camarosa* cinsi çileklerin antimikrobiyal aktivitesinin artarak, solunum oranının azaldığı, su buharı direncinin ise geliştirdiği bildirilmiştir. Duyusal kalite olarak ise kaplanmış çileklerde tat ve aromanın azaldığı görülmüştür (Vargas ve ark., 2006).

Tatlı biberlerin kitosan-tarçın esansiyel yağıyla kaplanarak kalitatif özelliklerinin araştırılmasının konu edildiği diğerk bir çalışmada, mikrobiyal gelişimin kontrolü için en iyi sonuçlar % 5'in altındaki kitosan-tarçın yağı bileşimiyle elde edilmiştir. Depolama sonunda kaplanmayan örneklerin duyuşal kalitesi kabul edilemez düzeydeyken, kitosan-tarçın kaplanan biberlerin duyuşal özelliklerini koruduğu görülmüştür. Kitosan-tarçın kaplamanın, tatlı biberlerin kalitesinin korunmasında başarılı olduğu kabul edilmiştir (Xing ve ark., 2011).

Kitosana ilave edilen çeşitli esansiyel yağların (bergamot, kekik, çay ağacı) portakalların küf gelişimi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, en iyi sonuç çay ağacı esansiyel yağı ilave edilen örneklerde elde edilmiştir. Kitosan-çay ağacı yağı kaplı portakalların kaplanmayanlara göre mikrobiyal gelişimde % 50 oranında azalma olduğu belirtilmiştir (Cháfer ve ark., 2012).

Kitosan filmlerin antimikrobiyal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada ise, kekik, karanfil ve tarçın esansiyel yağlarından yararlanılmıştır. Çalışma sonucuna göre, bu yağların filmlere dahil edilmesinin, gram (+) bakterilerin inhibisyonunda etkili olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca kekik ve karanfil yağı ilave edilen filmlerin nem içeriği, suda çözünürlüğü ve su buharı geçirgenliği artarken, tarçın yağı ilave edilen filmlerde bu özelliklerin azaldığı gözlenmiştir. Filmlerin mekanik özellikleri kıyaslandığında ise, kekik ve karanfil yağı ilave edilen filmlerde elastikiyetin, tarçın yağı kaplı filmlerde ise çekme

direncinin arttığı gözlenmiştir. Tarçın esansiyel yağı ilave edilen filmlerin balık, deniz ürünleri gibi çabuk bozulan gıdalarda başarılı bir şekilde uygulanabileceği belirtilmiştir (Hosseini ve ark., 2009).

Gökkuşluğu alabalıklarının kalitesinin incelendiği benzer bir çalışmada ise, tarçın yağıyla zenginleştirilmiş kitosan kaplama uygulanmıştır. Depolama sonunda (16 gün) kitosan-tarçın yağı uygulanan alabalıkların, duysal olarak kalitelerinin korunduğu, tekstür kayıplarının, renk ve koku değişiminin ise kabul edilebilir düzeyde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca mikrobiyal gelişimin kaplanmayan alabalıklara göre daha düşük olduğu ifade edilmektedir (Ojagh ve ark., 2010).

Potasyum sorbatın nişasta bazlı kaplama formülasyonuna ilavesiyle çilek mikrobiyal yükü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, plastikleştirici olarak sorbitol kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, kaplanmayan çileklerin raf ömrü 0°C'de 14 gün iken, sorbitol ilave edilen kaplama solüsyonlarının raf ömrünü 21 güne uzattığı belirtilmiştir. Ayrıca sorbitolle beraber potasyum sorbat ilavesinin en uzun depolama periyodu (28 gün) sağladığı tespit edilmiştir. Bu kombinasyonla meyvenin mikrobiyal yükü 10⁶ CFU/g'nın altında kalmış, duysal özellikler ise (çoğunlukla yumuşama) 3 haftaya kadar kabul edilebilir düzeyde görülmüştür (Garcia ve ark., 2001).

Kirazların depolama boyunca kalitesi ve biyoaktif bileşenlerinin muhafazası üzerine yapılan bir çalışmada, kirazlar sodyum alginatla kaplanmıştır. Kaplama yapılan örneklerde, renk değişimi, yumuşama, asitlik kaybı ve solunum oranı azalması gibi parametrelerin değişiminde gecikme görülmüştür. Ayrıca kaplama yapılan örneklerde toplam fenolik ve toplam antioksidan aktivitenin önemli derecede korunduğu belirtilirken, kontrol grubunda (kaplanmamış) bu bileşenlerin oranı azalmıştır. Kaplanmamış örnekler için kalite parametrelerinin korunmasında ve antioksidan aktivite zenginleştirilmesi için maksimum depolanabilme 2°C'de 8 gün ve 20°C'de 2 gün olurken, alginat kaplı örneklerde ise 2°C'de 16 gün ve 20°C'de 2 gün olarak bildirilmiştir (Diaz-Mula ve ark., 2011).

Çileklerde hasat sonrası meyve kalitesinin ve antioksidan içeriğinin tespiti amacıyla daldırma yöntemi uygulanarak kitosan bazlı yenilebilir kaplamaların etkisi araştırılmıştır. Kitosan kaplama yapılan çileklerde, yapılmayanlara göre meyve kalitesinin daha iyi korunduğu bunun yanı sıra fenolik, antosiyanin, flavonoid içeriklerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Kaplama yapılan çileklerde bozulma kontrolü sağlanarak, raf ömrünün uzadığı ifade edilmektedir (Wang ve Gao, 2012).

Kitosan filmine ilave edilen karvakrol ve üzüm çekirdeği ekstraktının filmin fiziko-mekanik özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, bu bileşenlerden oluşan üç tip film kompozisyonu araştırılmıştır. 90 ppm karvakrol, 160 ppm üzüm çekirdeği ekstraktı ve % 1,24 kitosandan oluşan film kombinasyonunda, çekme gücü, karbondioksit ve su buharı geçirgenliğinin en düşük, oksijen geçirgenliğinin ise en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, doğal bileşenlerin kitosan filmlerine ilavesinin filmlerin mekanik, bariyer ve renk özelliklerine pozitif etkisi olduğu gösterilmiştir. Bunun yanında doğal bileşenlerin filme ilavesinin, raf ömrünü uzatma ve gıdaların muhafaza edilmesinde sentetik materyallere alternatif olduğu belirtilmektedir (Rubilar ve ark., 2012).

Taze kesilmiş 'Fuji' elmalarının raf ömrünü arttırmaya yönelik yapılan çalışmada ise, esmerleşme önleyici ajanların (% 0,5 CaCl₂ ve % 2 askorbik asit) 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 aza indirdiği görülmüştür. Ayrıca kitosan kaplamaların elma dilimlerinde yarı geçirgen bariyer sağladığı ifade edilmektedir (Qi ve ark., 2011).

Bu çalışmayla hasat sonrası oldukça kısa raf ömrüne sahip bir meyve olan çileğe çeşitli antimikrobiyaller ilave edilen kitosan kaplama uygulanarak kalite parametrelerinin korunması amaçlanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek raf ömrüne kitosana birlikte hangi antimikrobiyalın pozitif etki ettiği tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3**MATERYAL VE METOD****3.1. Materyal****3.1.1. Taze Çilek**

Bu çalışmada kullanılan taze çilekler, Yenice’de bulunan üreticiden 2011’in Temmuz ayında tarladan direkt hasat edilerek temin edilmiş, içerisindeki ezik, çürük ve bereli olanlar ayıklanıp seçildikten sonra bölüm laboratuvarına hızla taşınarak; ön soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Taze çilekler, kontrol (kaplanmamış), kitosan, kitosan-nisin, kitosan-natamisin, kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu olmak üzere toplam 6 gruba ayrılmış olup, analizler 2 tekerrür ve 2 paralelli olarak yapılmıştır.

3.1.2. Kitosan

Deasetilasyon derecesi % 89,9 olan, yengeç ve karides kabuklularından üretilmiş, tatsız ve kokusuz nitelikli kitosan (France Chitine Chemin de Porte Claire 84100 Orange FA) kullanılmıştır.

3.1.3. Nisin

Nisin, Beijing Oriental Roda Biotech Co Ltd.’den (Technology Fortune Center, Haidion District, Beijing, China) temin edilmiştir.

3.1.4. Natamisin

Natamisin, Dsm Food Specialties Dairy Ingredients Group’dan (Wateringseweg 1 Po. Box 2600 MA DELFT, The Netherlands) temin edilmiştir.

3.1.5. Nar Çekirdeği Tozu

Öğütülmüş Nar Çekirdeği, Helvacızade Gıda ve İht. Mad. San. ve Tic. A.Ş.’den temin edilmiştir.

3.1.6. Üzüm Çekirdeği Tozu

Öğütülmüş Üzüm Çekirdeği, Helvacızade Gıda ve İht. Mad. San. ve Tic. A.Ş.’den temin edilmiştir.

3.2. Metod

3.2.1. Kaplama Materyalinin Hazırlanması

Film solüsyonlarının hazırlanmasında orta moleküler ağırlıkta kitosan (France Chitine Chemin de Porte Claire 84100 Orange FA) kullanılmıştır. Kitosanın (% 1,5; *a/h*) asetik asit (% 1, *h/h*) çözeltisi içinde çözündürülmesi ile saf kitosan solüsyonu hazırlanmıştır. Solüsyona plastikleştirici olarak % 0,5 (*h/h*) oranında polietilen glikol ilave edilmiştir. Hazırlanan solüsyon manyetik karıştırıcı ile 6 saat boyunca karıştırılmıştır. Kitosan solüsyonundan çözünmeyen partiküller süzülerek uzaklaştırılmıştır.

Hazırlanan bu kitosan çözeltisi yaklaşık 40°C'ye soğutulmuş ve nisin, natamisin, üzüm çekirdeği ve nar çekirdeği tozu % 1 (*h/h*) oranında ilave edilerek antimikrobiyal kaplama solüsyonları elde edilmiştir. Film solüsyonu homojen bir şekilde dağılım için manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.

3.2.2. Çileklerin Kaplanması

Çilekler rastgele altı gruptan birinin içine dağıtılmıştır: kontrol örnekleri (kaplanmamış), kaplama içeren (nisin, natamisin, nar çekirdeği tozu, üzüm çekirdeği tozu) gruplar oluşturulmuştur. Kaplanmamış örnekler kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Seçilen çilekler ayıklandıktan sonra kuruması sağlanmış ve daha sonra kaplama çözeltisine (kitosan, nisin, natamisin, nar çekirdeği tozu, üzüm çekirdeği tozu) daldırılarak 1 dk boyunca bekletilmiştir. Doğal koşullarda kuruması sağlanan çilekler, iki kez kaplama çözeltisine daldırılmış olup, kuruması beklenerek kaplamanın yüzeye daha iyi nüfuz etmesi amaçlanmıştır.

Denge Modifiye Atmosfer Ambalajlama (DMAA): Her bir grup polilaktik asit (PLA) (17,5 cm x 8,5 cm x 1,5 cm ebatlarında ve 220 ml hacminde) tabaklara 175 gr olarak yerleştirilmiş ve üst film kapaması gerçekleştirilmiştir. Kapatılan PLA paketler daha sonra 4°C % 80-85 RH koşulları altında inkübatöre yerleştirilmiş ve 40 gün süre ile muhafaza edilmişlerdir.

3.2.3. Yapılan Analizler

Muhafaza süresince belirli günlerde (1, 5, 10 ve 18. ve 40.gün), gruplarda aşağıda belirtilen ölçümler yapılmıştır: pH analizi, suda çözülebilir kuru madde analizi, su aktivitesi, renk, tekstür profil analizi, gaz değişim konsantrasyonu analizi ve mikrobiyolojik analizler.

3.2.3.1. pH Analizi

Çileklerin pH analizi, 20°C'de pH metre ile her hafta düzenli olarak yapılmıştır. pH analizinde aynı paketten alınan çileklerin 3 gruba ayrılarak, bunların tülbentle sıkılması suretiyle suları behere konulmuştur. 20°C'de PP 50 Sartorius (Sartorius PP-50, Goettingen, Almanya) pH metresi probu örnek dolu behere daldırılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde Analizi

Her uygulamadaki paketlerdeki çileklerden üçerli gruplar halinde tülbentte sıkılarak suları beher içine konulmuştur. Briks ölçümü refraktometre ile yapılmıştır. En başta saf suyla refraktometre de 0 ayarlaması yapıldıktan sonra ölçüm Atago Pal-1 refraktometreyle (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japonya) gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3. Su Aktivitesi

Her gruptaki çileklerin su aktiviteleri (Aqua Lab Series 4 TE) 25°C deki su aktivite cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye gelip, cihazın ikaz sesinin duyulmasıyla göstergedeki değer denge nem değeri olarak okunmuştur.

3.2.3.4. Renk

Her gruptaki çileklerin meyve dış rengi, Minolta Chroma Meter model CR-400 (Minolta. Co. Ltd., Japan) kullanılarak depolama boyunca belirlenmiştir. Sonuçlarda L^* (beyazlık, parlaklık/siyahlık) - a^* (kırmızılık/yeşillik) değerleri elde edilmiş ve bunun sonucunda farklı antimikrobiyal kaplamaların dış görünüşe etkileri belirlenmiştir (Aday ve Caner, 2011).

3.2.3.5. Tekstür Profil Analizi

Çileklerde tekstür, tekstür doku profil analizi (TPA) TA-TX Plus tekstür cihazı ile (Stable Micro Systems Ltd., UK) SMS-P/10 CYL. Delrin prop kullanılarak, aşağıdaki parametreler uygulanarak yapılmıştır: ön test hızı: 5,0 mm/s, test hızı 1,0 mm/s; delme mesafesi 4 mm ve her iki dönüş arasında durma süresi 5; trigger kuvveti 1,0 N. belirlenmiştir. Tek bir çilekten 4 farklı yerden ölçüm yapılmıştır (Caner ve ark., 2008). Sertlik, yaylanma (Uzunluk 2/Uzunluk 1), yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızimsılık ve esneme bilgisayar programı ile otomatik olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.6. Gaz Değişim Konsantrasyonu Analizi

Ambalaj içi atmosferindeki O₂ ve CO₂ konsantrasyonu periyodik olarak PLA çilek ambalajı açılmadan önce gaz analizörü (OXYBABY) tarafından 1, 5, 10, 18 ve 40. günlerde ölçülmüştür.

3.2.3.7. Mikrobiyolojik Analizler

Kaplanmış ve kaplanmamış çilek örneklerinde aerobik mezofilik bakteri sayısı, koliform bakteri, küf ve maya sayımları yapılmıştır. Örnekler depolamanın 0, 1, 5, 10, 18, 40. günlerinde alınmış ve görsel olarak da kontrol edilmiştir.

3.2.7.1. Test Örneğini Hazırlama

Yirmi beş gram çilek örnekleri 225 ml % 0,1'lik peptonlu su içerisine aktararak 2 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra uygun desimal dilüsyonlar hazırlanarak mikrobiyolojik ekimlerde kullanılmıştır (AOAC, 2000).

3.2.3.7.2. Koliform Bakteri Sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyondan paralel petrilere çift tabaka dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak Violet Red Bile Agar (VRBA, Merck 104030) kullanılmıştır. 35-37°C'de 24-48 saat inkübasyon sonrasında 25-250 koloni içeren petrilere sayım yapılarak koliform bakteri sayısı hesaplanmıştır (Feng ve ark., 2002).

3.2.3.7.3. Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyon paralel petrilere dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak Plate Count Agar (PCA, Merck 105463) kullanılmıştır. 30°C'de 48±2 saat inkübasyon sonrasında 30-300 koloni içeren petrilere sayım yapılarak aerobik mezofilik bakteri sayısı hesaplanmıştır (Harrigan, 1998).

3.2.3.7.4. Maya-Küf Sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyondan paralel petrilere dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış, besiyeri olarak Dicloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC, Oxoid) kullanılmıştır. 25°C'de 3-5 gün inkübasyon sonrasında 15-150 koloni içeren petrilere sayım yapılarak küf-maya sayısı hesaplanmıştır (Valerie ve ark., 2001).

3.2.3.8. Görsel Değerlendirme

Çileklerde küf gelişimi görsel olarak incelenmiştir. Çileklerde küf üremesi, doku bozukluğu ya da koku değişimi olup olmadığı kontrol edilmiştir. Çileklerin durumuna göre analizlere devam edip-edilmeyeceği belirlenmiştir.

3.2.3.9. İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışmada kaplama ve depolama süresinin çilek muhafazası üzerine istatistiksel etkisi incelenmiştir. İki tekerrürlü olarak SAS programıyla General Linear Model Sistemi kullanılarak ANOVA modelinden yararlanılmıştır. P değerleri 0,05 veya düşük olduğunda istatistiksel olarak önemli olduğu kabul edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde değerler logaritmaları alınarak hesaplanmıştır.

BÖLÜM 4**BULGULAR VE TARTIŞMA****4.1. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular****4.1.1. pH**

Asit seviyesi meyvelerin aroma dengesi için önemli bir kriterdir ve genellikle depolama boyunca azalır (Lin ve Zhao, 2007). Çilekte depolama boyunca solunum esnasında organik asitlerin kullanılması nedeniyle pH değeri artmaktadır (Aday, 2011). Çizelge 4.1'e göre çalışmada pH bakımından depolama süresi ve uygulama arasındaki interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Depolamanın ilk gününde 3,332 olan pH değeri depolama sonunda en yüksek değere (3,566) kontrol grubunda ulaşmıştır. Kitosan-nisin, kitosan-üzüm çekirdeği tozu, kitosan-nar çekirdeği tozu, kitosan-natamisin ve kitosan kaplı örneklerde sırasıyla 3,497; 3,476; 3,458; 3,449 ve 3,423 değerlerini almaktadır. Depolama sonunda istatistiksel olarak kitosan, kitosan-nisin, kitosan-nar çekirdeği tozu, kitosan-natamisin ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu uygulamaları arasında fark yoktur.

Kitosan-natamisin kaplı çileklerin pH değeri depolama sonunda, sadece kontrol grubundan istatistiksel olarak farklıdır. Ayrıca kitosan-nisin kaplı örneklerin pH değerleri, kontrol grubundan daha düşük seviyededir. Bu sonuç, düşük protein ve yağ oranına sahip gıdalarda, nisinin düşük pH'larda daha aktif olmasından kaynaklanmaktadır (Aktürkoğlu ve Erol, 1999). Ayrıca bakteriyosinlerin çözünürlüğü düşük pH'larda artarken, difüzyon kolaylaşmaktadır (Galvez ve ark., 2007). Çalışmamızdaki sonuçlar, daha önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Garcia ve ark. (2001), kaplanmış çileklerin kaplanmamış çileklere göre depolama boyunca daha az seviyede asitlik azalması gösterdiğini belirtmişlerdir. Tatlı Hami kavun örneklerinin kitosan-natamisin içeren polietilen filmlerle kaplanması, kaplanmamış ve yalnız kitosanla kaplanmış olan örneklere göre pH değerinin daha az artmasını sağlamıştır (Cong ve ark., 2007). Perdones ve ark. (2012) kitosan-limon esansiyel yağıyla kaplanan çileklerde de benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Depolama sonunda kitosan kaplanmış taze çileklerin pH değerleri, kontrol grubuna ve diğer kaplama uygulamalarına göre daha az artış göstermiştir. Kitosan bazlı kaplamalar, meyve ve sebzelerde solunum oranını ve su kaybını azaltmakta ve böylelikle renk, titrasyon asitliği ve

pH değişimini geciktirmektedir (Lin ve Zhao, 2007). Aday (2008)'ın yaptığı çalışmaya göre kitosan kaplı kirazların 11 gün sonunda pH değerleri kontrol grubuna göre daha düşüktür. Djioua ve ark. (2010)'nın taze kesilmiş mangolar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ise kitosanla kaplanmış mangoların, herhangi bir kaplama yapılmayan örneklere göre pH üzerinde pozitif bir etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin pH sı üzerine etkisi

	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün	40.gün
Kontrol	3,332±0,088Aa	3,34±0,035 Aa	3,445±0,030Ba	3,537±0,089Ca	3,566±0,015Ca
Kitosan	3,332±0,088Aa	3,389±0,039ABa	3,401±0,037ABa	3,428±0,020Bb	3,423±0,033Bb
Kitosan-Nisin	3,332±0,088Aa	3,389±0,062ABa	3,427±0,026BCa	3,487±0,101Cab	3,497±0,017Cab
Kitosan-Nar Ç.T.	3,332±0,088Aa	3,354±0,035Aa	3,380±0,057ABa	3,449±0,027Bb	3,458±0,030Bb
Kitosan-Natamisin	3,332±0,088Aa	3,382±0,038ABa	3,435±0,019Ba	3,439±0,039Bb	3,449±0,038Bb
Kitosan-Üzüm Ç.T.	3,332±0,088Aa	3,355±0,060Aa	3,380±0,045Aa	3,488±0,015Bab	3,476±0,041Bab

Not1: Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen pH ortalamaları arasında, farklı depolama günleri bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

Not2: Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen pH ortalamaları arasında, farklı uygulama metodları bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

4.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks)

Çilekte olgunlaşma boyunca suda çözünen kuru madde içeriği artarken, daha sonra solunum nedeniyle olgun meyvede ise azalma göstermektedir (Hernández-Muñoz ve ark., 2008). Depolama boyunca suda çözünür kuru madde miktarında azalma görülmüştür (Çizelge 4.2). Jiang ve Li (2001)'ye göre % 1 kitosan solüsyonuyla kaplanan longan meyvelerinin depolama sonunda toplam çözünür katı içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda istatistiksel olarak depolama süresi ve uygulama arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur. Depolama sonunda kaplama yapılmayan çileklerde (kontrol grubu) suda çözünür kuru madde miktarı % 10,864'ten 8,227'ye düşerek en fazla azalmayı gösterirken, kaplama yapılanlar arasında ise en az düşüş % 10,864'ten 9,983'e azalan kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı örneklerde görülmüştür. Kontrol grubundaki yüksek solunum hızı; suda çözünür kuru madde içeriğinde en fazla düşüşe sebep olmaktadır (Aday, 2011).

Çalışmamızda depolama sonunda kontrol ve kitosan kaplı örnekler arasında istatistiksel olarak fark çıkmamasına rağmen, kitosan kaplı çileklerin depolama sonunda kontrole göre briks değerlerindeki düşüş daha azdır. Ghasemnezhad ve ark. (2010) tarafından kayısılar üzerinde yapılan çalışmada, benzer sonuçlar elde edilerek, kitosan kaplı örneklerle kaplanmamışlar arasında suda çözünür kuru madde içeriği açısından istatistiksel olarak fark bulunmadığı belirtilmiştir. Minimum işlenmiş çileklerin kitosanla kaplanıp, çeşitli ambalaj içi gaz konsantrasyonlarında suda çözünür kuru madde içeriğine etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise, uygulanan ambalaj içi gaz konsantrasyonlarının hepsinde kitosan kaplı çileklerin briks değerlerinde azalma tespit edilmiştir (Campaniello ve ark., 2008).

Depolama sonunda suda çözünür kuru madde içeriği bakımından kontrole, kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çilekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Depolama boyunca toplam çözünür katı içeriğinin azalması, solunum hızı etkisiyle şekerin karbondioksit ve suya dönüşümüyle ilgili olabilmektedir (Ghasemnezhad ve ark., 2010).

Çizelge 4.2. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin suda çözünür kuru madde (briks) üzerine etkisi

	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün	40.gün
Kontrol	10,864±1,099Aa	8,880±0,667Ba	8,773±0,187Ba	8,511±0,369Ba	8,227±0,228Ba
Kitosan	10,864±1,099Aa	9,333±0,550Bab	9,520±0,774Bab	9,560±0,127Bab	9,273±0,191Babc
Kitosan-Nisin	10,864±1,099Aa	9,887±0,507Ab	9,407±0,191Bab	9,470±0,263Bab	9,375±0,277Babc
Kitosan-Nar Ç.T.	10,864±1,099Aa	10,947±0,673Ac	10,007±0,335ABb	9,860±0,674Bb	9,983±1,104Bc
Kitosan-Natamisin	10,864±1,099Aa	10,313±0,671ABbc	9,567±1,134Bab	9,210±0,152Bab	9,467±0,287Bbc
Kitosan-Üzüm Ç.T.	10,864±1,099Aa	9,487±0,613Bab	9,679±0,691Ba	9,533±0,616Bab	8,922±0,709Bab

Not1: Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen briks ortalamaları arasında, farklı depolama günleri bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

Not2: Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen briks ortalamaları arasında, farklı uygulama metodları bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

4.1.3. Su Aktivitesi

Su aktivitesi terimi, gıdalarda kalite kaybına neden olan mikroorganizma gelişimi, kimyasal, enzimatik ve fiziksel değişimlere karşı gıdanın stabilitesi için kullanılmaktadır. Bu durumun sağlanması su aktivitesinin düşürülmesini sağlayacak koruma metodlarının uygulanmasıyla mümkündür (Russell ve Gould, 2003). Çizelge 4.3'e göre 40. gün sonuçları değerlendirildiğinde, kontrol grubuyla kaplama uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Depolamanın 18. gününde bütün grupların su aktivitesi değerlerinde azalma görülmüştür. En yüksek su aktivitesi değeri kontrol ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çilek örneklerinde belirlenmiştir. Kitosan-natamisin kaplı çileklerin su aktivitesi diğer grupların su aktivitesinden daha düşüktür. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde, kontrol grubuyla (0,983), kitosan-nar çekirdeği tozu (0,955) ve kitosan-natamisin (0,953) arasındaki fark önemlidir. Kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamalarında su aktivitesinin diğer uygulamalara göre düşük olması mikroorganizmaların gelişebilecekleri ortam koşullarının daha az elverişli olduğu anlamına gelmektedir. Elde edilen sonuçlar mikrobiyolojik analiz sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin su aktivitesi üzerine etkisi

	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün	40.gün
Kontrol	0,994±0,003Aa	0,995±0,001Aa	0,994±0,001Aa	0,983±0,017Aa	0,932±0,040Ba
Kitosan	0,994±0,003Aa	0,997±0,002Aa	0,996±0,003Aa	0,964±0,001Bab	0,947±0,001Ba
Kitosan-Nisin	0,994±0,003Aa	0,998±0,002Aa	0,995±0,001Aa	0,965±0,012Bab	0,940±0,012Ca
Kitosan-Nar Ç.T.	0,994±0,003Aa	0,996±0,002Aa	0,996±0,002Aa	0,955±0,001Bb	0,945±0,014Ba
Kitosan-Natamisin	0,994±0,003Aa	0,994±0,002Aa	0,996±0,001Aa	0,953±0,013Bb	0,944±0,003Ba
Kitosan-Üzüm Ç.T.	0,994±0,003Aa	0,995±0,003Aa	0,996±0,002Aa	0,983±0,007Aa	0,951±0,002Ba

Not1: Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen su aktivitesi ortalamaları arasında, farklı depolama günleri bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

Not2: Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen su aktivitesi ortalamaları arasında, farklı uygulama metodları bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

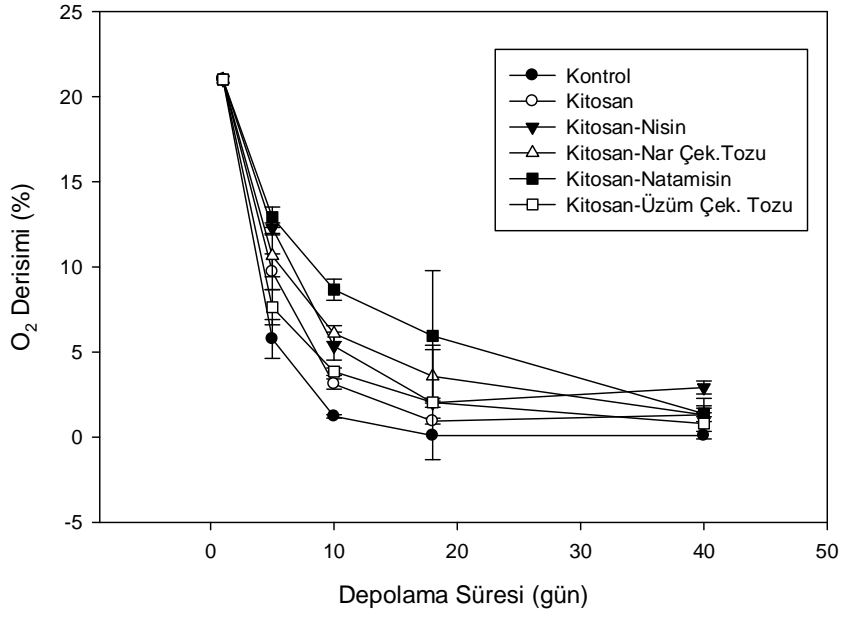
4.1.4. Ambalaj İçi Gaz Kompozisyonu

Çilekler hasattan sonra, canlılıklarını devam ettirdiklerinden dolayı solunum yapmaktadırlar. Meyve ve sebzelerin konuldukları ambalaj içerisindeki CO₂ seviyesinin artırılıp, O₂ konsantrasyonunun düşürülmesi, ürünlerin solunum oranlarını azaltmaktadır. Yenilebilir kaplamalar, meyve ve sebzelerde kontrollü veya modifiye atmosfer yaratır (Zhang ve ark., 2006; Lin ve Zhao, 2007). Şekil 4.1’de farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin ambalaj içi gaz konsantrasyonları verilmiştir. Depolama boyunca O₂ konsantrasyonu azalırken, CO₂ konsantrasyonu artmıştır. Yenilebilir kitosan kaplamalar iç atmosferi değiştirerek, ambalaj içindeki O₂’yi azaltır ve CO₂’yi yükseltir (Hernández-Muñoz ve ark., 2008). Depolama boyunca O₂ seviyesinde azalma en hızlı ve en fazla olarak kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ambalajında başlangıçta % 21 olan O₂ konsantrasyonu depolama süresi sonunda % 0,1 seviyesine inmiştir. Depolama süresi sonunda kitosan-nisin kaplı çilek ambalajlarında diğer kaplama uygulamalarına göre daha yüksek O₂ konsantrasyonu (% 3) belirlenmiştir.

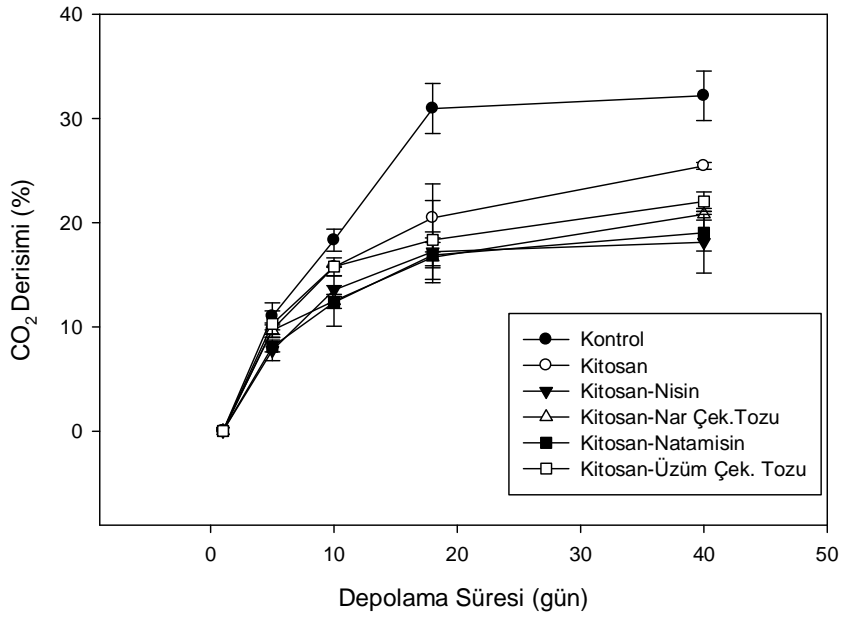
Çilek örneklerinin ambalajındaki CO₂ seviyesi şekil 4.1’deki gibi zamanla artmıştır. En fazla artış kontrol grubunda görülmüş olup, bunun solunum hızının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Aday, 2011). Kaplama uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre, karbondioksit seviyesindeki artış daha yavaştır. Kontrol grubu ambalajında CO₂ miktarı % 0,03 değerinden % 32 seviyesine yükselirken, bu artış en az kitosan-nisin kaplı örneklerde görülmüştür (% 0,03’ten % 18’e). Hernández-Muñoz ve ark. (2008)’nin yaptığı çalışmada bu sonucu destekler niteliktedir. Kontrol grubu ambalajındaki yüksek CO₂ seviyesinin, çilekte toplam fenolik, toplam antosiyanin ve oksijen radikal absoblama kapasitesini (ORAC) azalttığı tahmin edilmektedir (Wang ve Gao, 2012).

Depolama süresi sonunda en düşük CO₂ üretimi şekil 4.1 (B)’de görüldüğü gibi kitosan-nisin kaplı çilek ambalajında görülmüştür. Kitosan-nisin kaplı çileklerin ambalajındaki karbondioksit konsantrasyonu 40 gün sonunda % 20’den az seviyedeysen, kontrol grubu için yapılan ölçümlerde karbondioksit seviyesi % 30’dan fazladır. Sonuçlar değerlendirildiğinde kaplama uygulamalarının solunum hızını azaltma etkisinden söz edilebilir.

(A)



(B)



Şekil 4.1. Farklı kaplama uygulamalarının çileklerin ambalaj içi gaz konsantrasyonuna etkisi
A) O₂ B) CO₂.

4.1.5. Renk değerleri**4.1.5.1. L^* değeri**

Çilekte meyve iriliği, sertliği, şekli, suda çözünür kuru madde, şeker, asitlik gibi parametrelerin dışında renkte önemli bir kalite kriteridir (Gündüz ve Özdemir, 2012). Çileklerdeki renk değişimleri büyük oranda depolama sıcaklığından etkilenmektedir. L^* değeri depolama sonunda çizelge 4.4'teki gibi azalma göstermiştir. Perdones ve ark. (2012) hem kitosan-limon esansiyel yağıyla kaplanmış hem de kaplanmamış çileklerde parlaklığın azalmasının yüzey nem kaybından ileri geldiğini ifade etmiştir.

Depolama sonunda L^* değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki interaksiyonlar önemli değildir. Fakat gruplar arasında istatistiksel olarak fark vardır. 40 gün depolama sonunda L^* değerinde en fazla azalma kontrol grubunda görülürken, en az azalma kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çileklerde tespit edilmiştir. Corrales ve ark. (2009)'nın yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, L^* değerindeki azalmanın üzüm çekirdeği ekstraktındaki flavonoid ve fenolik asit içeriğiyle yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir. Garcia ve ark. (2012), meyve yüzeyine uygulanan kaplamaların, solunum oranını azaltarak, olgunlaşmanın geciktirilmesiyle renk değişimini azalttığını ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.4. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin L^* değeri üzerine etkisi

	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün	40.gün	GENEL
Kontrol	32,38±2,751	28,17±2,721	27,18±1,086	26,38±1,440	24,47±1,413	27,21±2,886a
Kitosan	32,38±2,751	28,18±2,165	28,66±2,798	28,31±3,437	28,62±2,376	28,88±2,901b
Kitosan-Nisin	32,38±2,751	28,70±2,689	28,30±2,871	29,51±1,887	26,49±2,280	28,67±2,938ab
Kitosan-Nar Ç.T.	32,38±2,751	29,17±2,392	29,49±3,403	28,90±3,100	27,45±1,187	29,21±2,965b
Kitosan-Natamisin	32,38±2,751	29,82±3,807	29,17±3,469	28,42±1,378	28,14±4,414	29,20±3,462b
Kitosan-Üzüm Ç.T.	32,38±2,751	28,91±2,112	28,64±3,969	29,37±2,819	29,36±3,832	29,40±3,366b
GENEL	32,38±2,578A	28,81±2,661B	28,59±3,107B	28,52±2,585BC	27,49±3,239C	

Not1: Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen L^* değeri ortalamaları arasında, farklı depolama günleri bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

Not2: Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen L^* değeri ortalamaları arasında, farklı uygulama metodları bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

4.1.5.2. a^* değeri

Antosiyaninler gıdalarda parlak kırmızı rengi sağlamaktadır (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Çileklerin kırmızılığı antosiyaninlerden pelargonidin-3-glikozid ile ilişkilidir (Garcia ve ark., 2001). Depolama boyunca a^* değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Depolama sonunda kontrol grubu en düşük a^* değerine sahiptir. Hernández-Muñoz ve ark. (2008)'ın yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, 6 gün depolama sonunda en düşük a^* değeri kontrol grubunda elde edilmiştir. Aynı çalışmada, kontrol grubu çilek örneklerinin a^* değeri 0. günden itibaren depolama sonuna kadar sürekli bir azalma gösterirken, kitosan kaplı çileklerde a^* değeri ilk 2 gün boyunca bir miktar artış göstermiş ve bundan sonra depolama sonuna kadar azalma görülmüştür. Çalışmamızın sonuçlarına göre ise bu artış 5-10. gün arasında gözlenmiş olup, depolama sonuna kadar sürekli bir azalma olmuştur (Çizelge 4.5). Kitosan kaplı çileklerin kontrole göre a^* değerinin yüksek kalmasının nedeni; kaplamanın nem kaybını azaltıcı özelliği sayesinde renk değişimlerini minimize etkisinin olmasından kaynaklanmaktadır (Hernández-Muñoz ve ark., 2008). Wang ve Gao (2012)'a göre 5°C'de 12 gün depolanan kontrol grubu ve kitosan kaplı çileklerin (MAP uygulamaksızın) pelargonidin-3-glukozid değerlerinde çalışmamıza benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmasa da, kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerin a^* değeri diğer gruplarından daha yüksektir. Bu sonuç nar çekirdeği zarında bulunan pelargonidin-3-glikozidin (Akalin, 2011) a^* değerine etki etmesinden ileri gelebilmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin a^* değeri üzerine etkisi

	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün	40.gün	GENEL
Kontrol	35,98±1,850	29,93±3,345	28,76±1,221	25,49±1,445	23,29±1,578	28,35±4,492a
Kitosan	35,98±1,850	28,53±3,475	28,71±3,555	26,13±4,711	24,13±2,179	28,36±4,815a
Kitosan-Nisin	35,98±1,850	28,32±3,966	29,36±4,382	28,24±4,356	24,01±3,274	28,62±5,046a
Kitosan-Nar Ç.T.	35,98±1,850	29,15±2,768	30,40±5,151	28,79±2,880	26,44±1,275	29,93±4,329a
Kitosan-Natamisin	35,98±1,850	29,01±4,017	27,00±3,649	26,19±2,503	24,61±2,266	28,20±4,601a
Kitosan-Üzüm Ç.T.	35,98±1,850	29,97±3,990	30,79±3,975	28,08±3,045	25,77±3,977	29,61±4,595a
GENEL	35,98±1,761A	29,15±3,600B	29,18±4,033B	27,23±3,458C	24,70±2,851D	

Not1: Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen a^* değeri ortalamaları arasında, farklı depolama günleri bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

Not2: Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen a^* değeri ortalamaları arasında, farklı uygulama metodları bakımından istatistiksel olarak fark vardır ($p \leq 0,05$).

4.1.6. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Tekstür, tüketici kabul edilebilirliği için önemli bir kalite kriteridir. Meyve tekstür özellikleri hücre duvarı polisakkaritlerinin yapısı ve kompozisyonuyla birlikte hücre turgorundan etkilenmektedir (Hernández-Muñoz ve ark., 2008). Tekstür profil analizi, gıdaların tekstür özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir tekniktir (Aday, 2011). Çalışmamızdaki TPA sonuçları Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Depolama boyunca sertlik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik değerleri azalma gösterirken, elastikiyet, iç yapışkanlık, esneklik ve dış yapışkanlık değerlerinde artış görülmektedir.

Sertlik, dokunun, özellikle hücre boyut, şekil ve yoğunluğu, hücre duvarı kalınlığı ve dayanıklılığı, ayrıca turgor durumuyla hücreden hücreye adezyonu gibi fiziksel anatomisiyle tanımlanır (Toivonen ve Brummell, 2008). Şekil 4.2 (a)'da görüldüğü üzere çileklerin sertlik değeri ilk gün 664 g iken, 40 gün depolama sonunda kontrol grubunda 194 g değerine düşmektedir. Çilekte pektinin enzimatik parçalanması yumuşamaya neden olurken, solunumun hızlı olması da yumuşamayı arttırmaktadır (Kartal, 2010). En fazla sertlik azalmasının kontrol grubunda görülmesi, solunumun hızlı olmasından ve pektin depolimerizasyonundan kaynaklanmaktadır (Toivonen ve Brummell, 2008). Depolama sonucunda kitosan kaplı örneklerde sertlik değeri 319 g olarak belirlenirken, azalma en az bu grupta belirlenmiştir. Kitosan meyve ve sebzelerde poligalakturanaz ve lipoksigenaz enzimini inhibe ederek, oksidasyonu önlemektedir. Dolayısıyla solunum yavaşlatılarak sertlik kaybı azaltılmaktadır (Aday, 2008).

Dış yapışkanlık, depolama boyunca artış göstermiş olup, kontrol grubunda kaplama yapılan çileklere göre bu değer daha yüksek bulunmuştur. Şekil 4.2 (b)'ye göre başlangıçta 0,46 g.s olan dış yapışkanlık değeri, depolama sonunda kontrol grubunda 1,75 g.s, kitosan-üzüm çekirdeği kaplı çileklerde 1,08 g.s. değerine ulaşmıştır. Uygulama grupları bakımından değerlendirildiğinde ise, kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çileklerin dış yapışkanlık değeri, diğer kaplama uygulamalarına göre daha düşük seviyededir. Kontrol grubunda solunumun hızlı olması nedeniyle hücre dokularındaki parçalanma fazladır.

Kaplamaların çileklerin hücre duvarı stabilitesini kontrole göre daha iyi koruduğu düşünülmektedir. Kaplama uygulamalarının solunum hızlarının kontrole göre daha düşük olması sonuçları destekler niteliktedir.

Gıdaya uygulanan deformasyon kuvvetinin uzaklaştırılmasıyla gıdanın eski halini alma yeteneği olan elastikiyet değeri depolama sonunda Şekil 4.2 (c)'deki gibi artış göstermektedir. Elastikiyet parametresinde en fazla artış kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamasında, en az ise kontrol uygulamasında görülmektedir. Kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulaması için elastikiyet değeri 0,63'ten 0,77'ye yükselirken, kontrol grubunda ise 0,71'e artış görülmektedir. Kontrol grubunun elastikiyet değerleri kaplama yapılan uygulamalara göre daha düşük seviyededir. Sonuçlar değerlendirildiğinde kaplama uygulamalarının hücre duvarı stabilitesini koruduğu söylenebilir. İç yapışkanlık parametresiyle örtüşen sonuçlar elde edilmiş olup, nar çekirdeğinde bulunan fenoliklerin hücre-hücre yapışmasına katkısı bulunduğu tahmin edilmektedir (Beveridge ve ark., 2000).

Gıdanın kırılmadan önceki bozunabilirliği olarak tanımlanan ve gıdanın iç yapısındaki bağların gücünü gösteren iç yapışkanlık terimi depolama sonunda bütün gruplarda artış göstermektedir (Spaziani ve ark., 2009; Karagözlü). Şekil 4.2 (d) incelendiğinde, kontrol ve kitosan kaplı örnekler dışındaki grupların iç yapışkanlık değerlerinde depolama sonuna kadar sürekli bir artış olduğu görülmüştür. Kontrol grubunda ise 5-10. gün arası iç yapışkanlık değerinde bir miktar azalmayla birlikte, 10. günden itibaren depolama sonuna kadar artış görülmüştür. Depolama sonunda birbirine yakın olmakla birlikte en kuvvetli bağlar kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamasında görülmüş olup, kitosan-üzüm çekirdeği tozu ve kitosan-natamisin kaplama uygulamalarında bağların parçalanmaya karşı direnci azdır. Nar çekirdeğinde bulunan fenoliklerin gıdanın içyapı stabilitesinin (Beveridge ve ark., 2000; Aday, 2011) korunmasında katkısı olduğu söylenebilir.

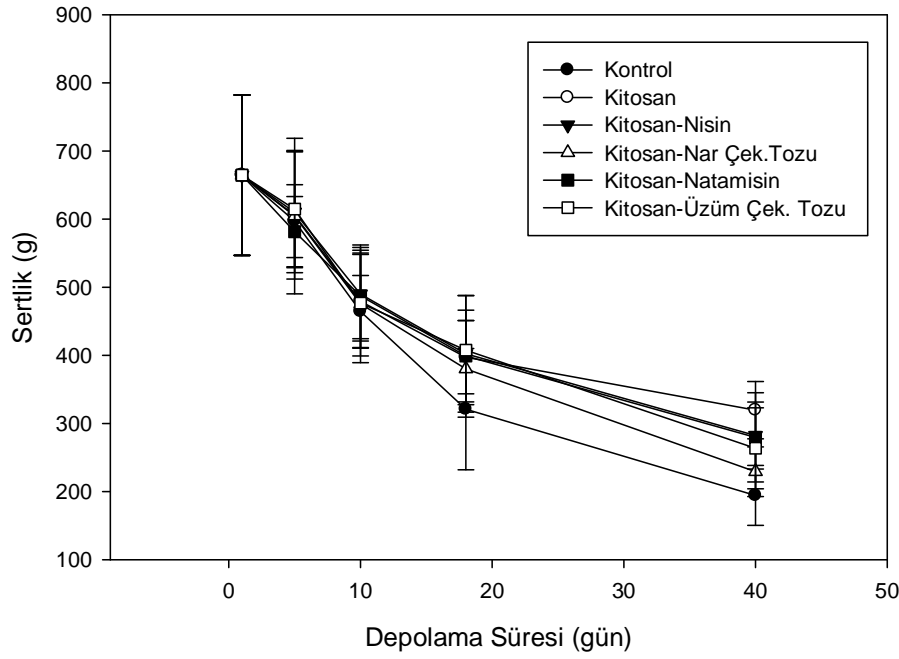
Gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için uygulanan parçalama kuvveti olan sakızımsılık, depolama süresince azalmaktadır. Bu azalma en fazla kontrol grubunda görülmekte olup, sakızımsılık değeri 382 g'dan 121 g'a düşmektedir. Diğer kaplama uygulamalarında ise sakızımsılık, kitosan-nar çekirdeği tozu için 135 g'a, kitosan-üzüm çekirdeği için 148 g'a, kitosan-nisin için 157 g'a, kitosan için 167 g'a ve kitosan-natamisin için ise 175 g'a azalmaktadır. Sakızımsılık değerinin en fazla kontrol grubunda azalması, bu grupta solunumun hızlı olması nedeniyle pektinin parçalanarak yumuşamanın artmasından kaynaklanabilmektedir

(Aday, 2011). Kaplama uygulamalarıyla meyve-sebzelerde solunum hızını azaltılarak enzimatik reaksiyonlar yavaşlatılır.

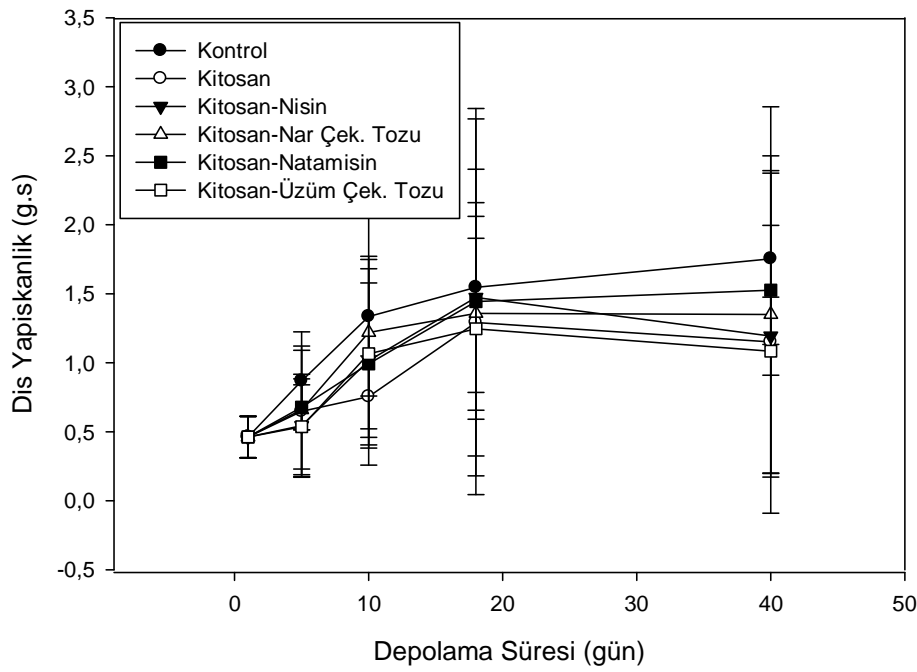
Meyvenin çiğnenerek yutulabilecek hale gelmesi için gerekli kuvvet olarak tanımlanan çiğnenebilirlik değeri, depolama süresinde çileklerin sertlik azalmasına bağlı olarak azalmıştır. Kaplama uygulanan çileklerin çiğnenebilirlik değerleri kontrol grubuna göre daha yüksektir. Çiğnenebilirlik değeri, şekil 4.2 (f)'de görüldüğü gibi başlangıçta kontrol grubunda 211 g iken, depolama sonunda 90 g'a düşmüştür. Kitosan kaplı çileklerde başlangıçta 211 g olan çiğnenebilirlik değeri ise depolama sonunda 140 g'a azalmıştır. Çiğnenebilirlik parametresindeki en fazla kaybın kontrol grubunda görülmesi kortikal parankima hücrelerindeki orta lamelin bozulması sonucunda çileğin yumuşamasından kaynaklanmaktadır (Hernández- Muñoz ve ark., 2008). En iyi sonucun kitosan kaplanmış çileklerde görülmesi ise sertlik değerinde elde edilen sonuçları desteklerken, bu durumun kitosanın solunum hızının yavaşlatarak hücre duvarı ve orta lamelin parçalanmasını geciktirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Esneklik; gıdaya uygulanan kuvvetin çekilmesinden sonra gıdanın ilk haline dönmek için gösterdiği etkidir. Şekil 4.2 (g)'de görüldüğü gibi esneklik değeri, depolamanın ilk günü bütün gruplarda artış göstermiştir. Ancak bu artış kontrol grubunda kaplama yapılan örnekler göre daha azdır. Esneklik değerinde kontrol grubunda 5-10. gün arası azalma, 10. günden itibaren ise artma görülmektedir. Kaplama yapılan çileklerde ise esneklik değeri başlangıçtan itibaren depolama sonuna kadar artmıştır. Depolama sonunda esneklik değerleri birbirine yakın olmakla birlikte, kontrol ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu uygulamaları diğer uygulamalara göre daha düşüktür. Kaplama uygulanmayan kontrol grubunda gaz geçirgenliği diğer gruplara göre daha fazladır. Dolayısıyla kontrol grubunda solunum hızlı olduğundan pektin depolimerizasyonu en hızlı bu grupta gerçekleşmiştir (Toivonen ve Brummell, 2008). Kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplama uygulanan çilekler haricindeki kaplama uygulamaları kontrol grubuna göre esnekliğin korunmasında daha etkili olmuştur.

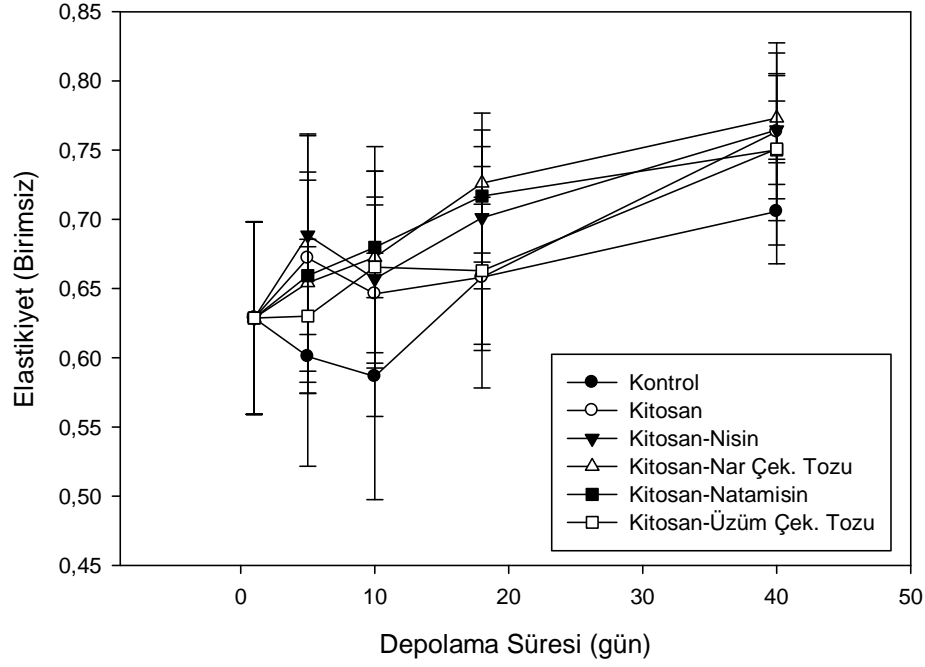
(a)



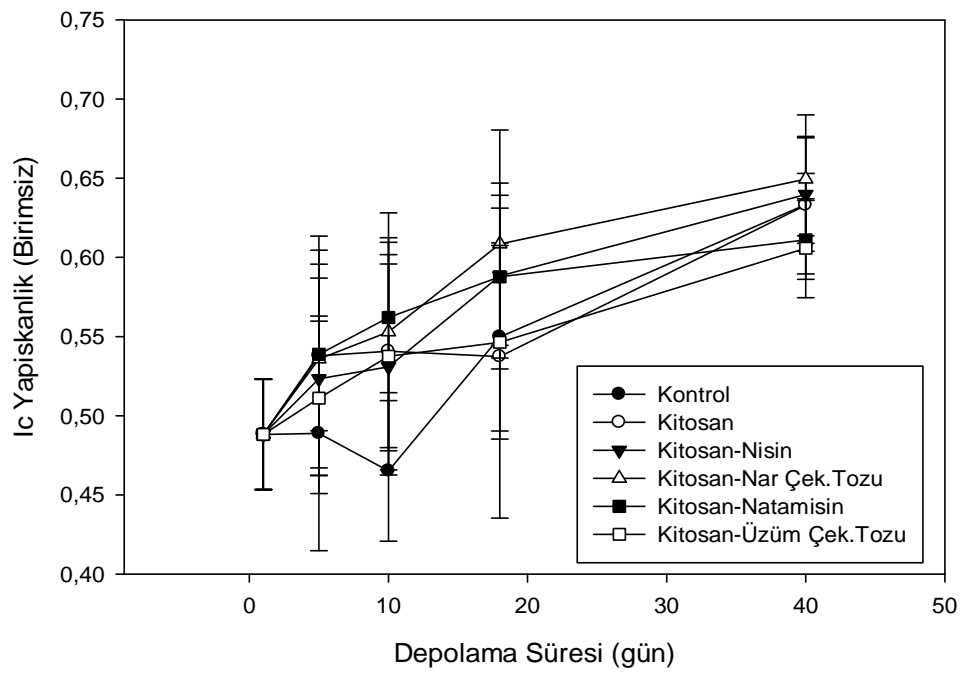
(b)



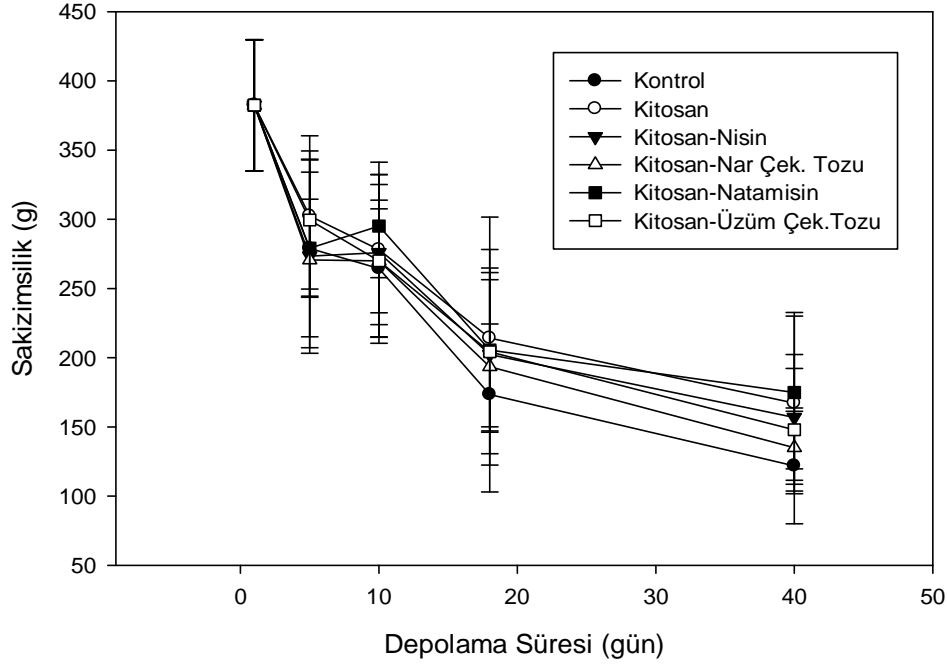
(c)



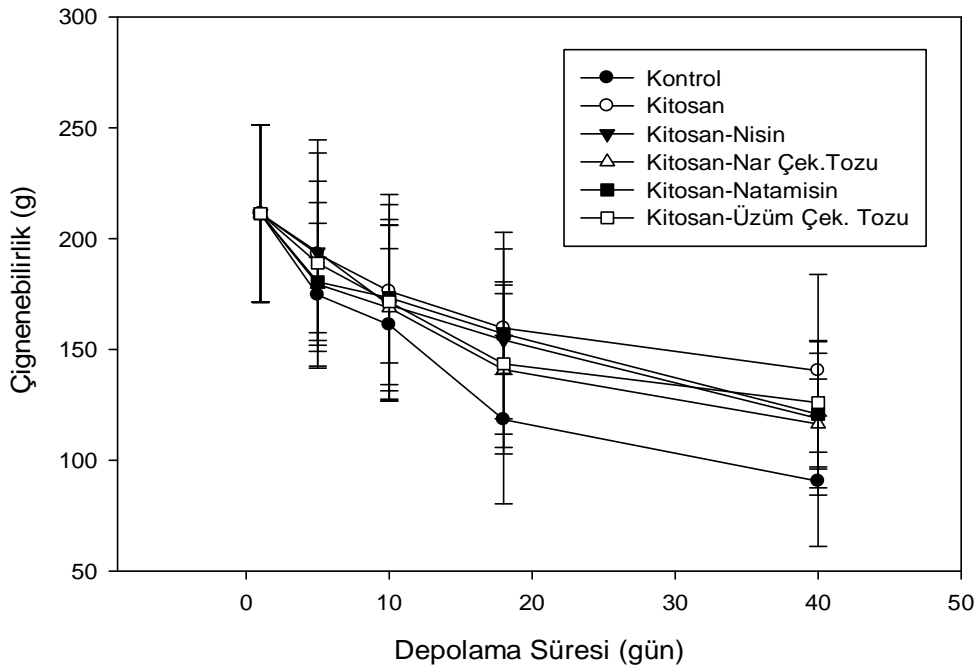
(d)



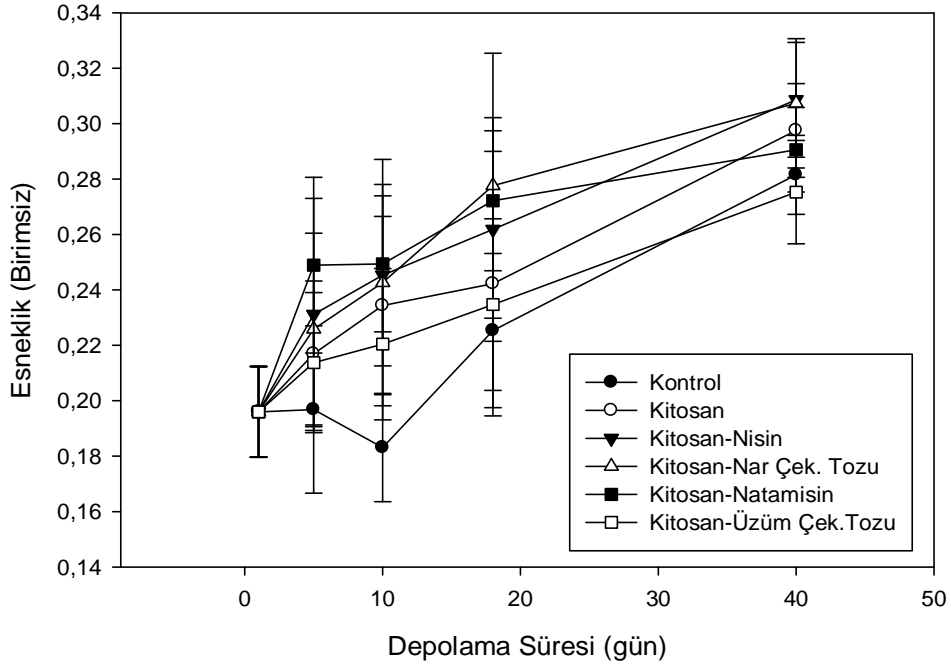
(e)



(f)



(g)



Şekil 4.2. Farklı kaplama uygulamalarının tekstür profil parametreleri üzerine etkisi.

4.2. Mikrobiyolojik Bulgular

Çilek, görsel çekicilik, tat ve aroma nedeniyle popüler bir meyvedir. Ancak yüksek metabolik aktiviteye sahip olması, renk değişimi, tat değişimi, çürüme ve kısa raf ömrüyle sonuçlanan mikrobiyal kontaminasyona neden olmaktadır (Jang ve ark., 2011). Çileğin tazeliğinin korunmasında kullanılan düşük sıcaklıkta depolama ve MAP uygulamalarının yanında kaplama veya yenilebilir film kullanımı raf ömrünü geliştirmek için uygulanan alternatif yöntemlerdendir (Tanada-Palmu ve Grosso., 2005; Jang ve ark., 2011).

Bu çalışmada çileklerin raf ömrünün arttırılması için yenilebilir kaplamaların (kitosan) içine antimikrobiyal aktivitesi bilinen farklı maddeler (nisin, natamisin, nar çekirdeği tozu, üzüm çekirdeği tozu) ilave edilerek modifiye atmosfer paketleme ile birlikte uygulanmıştır. Modifiye atmosfer paketleme bütün gruplara uygulanmış olup, yalnız modifiye atmosferle paketlenen çilekler kontrol grubu olarak adlandırılmıştır. Uygulama sonrasında 4°C'de depolanan çileklerde 1, 5, 10 ve 18. günlerde, koliform bakteri, aerobik-mezofilik bakteri ve maya-küf analizleri yapılarak depolama sonunda en etkili uygulamanın tespit edilmesi amaçlanmıştır. Böylece yüksek solunum oranına sahip bir meyve olan çileklerin raf ömrü arttırılmış, 18 günlük depolama süresi sonunda hangi antimikrobiyalin daha etkili olduğu belirlenmiştir.

İlk olarak herhangi bir işlem görmemiş taze çileklerin mikrobiyal yükü saptanarak, modifiye atmosfer paketlemenin çileğin mikrobiyal yüküne etkisi belirlenmiştir. Ayrıca depolama süresi boyunca kaplama yapılan grupların mikrobiyal yüklerindeki değişimler kıyaslanmıştır. İşlem görmemiş taze çileklerin (0. gün); koliform bakteri yükü, 3,38 logkob/g; aerobik-mezofilik bakteri yükü, 3,20 logkob/g; maya-küf yükü, 4,26 logkob/g olarak tespit edilmiştir.

4.2.1. Koliform Bakteri Analizi Sonuçları

Çizelge 4.6'dan da görüldüğü gibi depolamanın birinci gününde bütün grupların koliform bakteri sayısında taze çileklere kıyasla azalma görülmüştür. Başlangıçta taze çileğin koliform bakteri yükü 3,38 logkob/g'dır. Kaplama yapılan çileklerde ilk gün sonunda en fazla azalma kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı olanlarda belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ilk gün sonunda çilekteki koliform bakteri yükü üzerine kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamasının daha hızlı bir şekilde etki gösterdiği söylenebilir. Kontrol grubunun başlangıca göre mikroorganizma yükünde bir miktar azalma olması ise modifiye atmosfer paketleme yapılmasından kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir. Sadece MAP uygulanan kontrol

grubunda koliform bakteri yükünün diğer gruplar kadar azalmaması, MAP ile birlikte kaplama uygulamasının etkisinin daha fazla olmasından ileri gelmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde koliform bakteri sayısı (logkob/g)

Uygulama	Depolama Süresi (gün)			
	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün
Kontrol	3,188±0,082*	<1,00±0,001	1,438±0,056	1,50±0,144
Kitosan	3,051±0,113	0,5±0,707	1,151±0,213	1,121±0,598
Kitosan-Nisin	3,012±0,384	1,50±0,707	1,349±0,069	1,121±0,598
Kitosan-Nar Ç.T.	2,8±0,220	1,752±0,213	1,477±0,249	0,588±0,832
Kitosan-Natamisin	3,332±0,105	1,151±1,627	<1,00±0,00	0,85±0,21
Kitosan-Üzüm Ç.T.	3,328±0,076	1,422±0,598	0,5±0,707	0,588±0,832
GENEL	3,130±0,227A	1,054±0,882B	0,986±0,621B	0,878±0,623B

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0,05$).

*Sonuçlar aritmetik ortalama+standart sapma olarak verilmiştir.

Depolamanın 5 gününde yapılan analize göre ise, ilk gün analizi sonucunda en iyi koliform bakteri sayısına sahip kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çilekler haricinde diğer grupların bakteri sayılarında ortalama 2 logkob/g bir azalma meydana gelmiştir. Kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı örneklerdeki azalma diğer gruplardaki azalmaya göre daha düşüktür (yaklaşık 1 logkob/g). Diğer depolama günlerinde kitosan-nisin, kitosan-natamisin, kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çileklerin koliform bakteri sayılarındaki azalma devam etmiştir. Ancak bu azalış 1-5. gün arasındaki azalmadan daha düşüktür. 10. günden itibaren kontrol grubunda koliform bakteri sayısı aynı seviyede kalmıştır.

İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde, sadece tarihler arasındaki fark önemli bulunmuştur. İlk gün dışında diğer depolama günlerinin aralarında uygulama açısından

istatistiksel olarak fark yoktur. Depolama sonunda analiz sonuçları değerlendirildiğinde, bütün grupların koliform bakteri sayıları başlangıç mikroorganizma sayısından daha düşüktür. Kaplama yapılan örneklerin koliform bakteri sayıları kontrol grubuna göre daha iyi durumdadır. En düşük koliform bakteri sayısı kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çilek örneklerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçtan nar çekirdeği ve üzüm çekirdeğinin içerdiği fenoliklerin koliform bakteri sayısını azaltmada pozitif etkisi olduğu düşünülmektedir.

Moriera ve ark. (2011)'larına göre taze kesilmiş brokolilerde kitosan (% 2) uygulamasıyla, depolama süresi boyunca (20 gün) toplam koliform yükünde 1,5 logkob/g azalma olduğu kanıtlanmıştır. Durango ve ark. (2006)'nın taze kesilmiş havuçlara sadece kaplama solüsyonları uygulayarak koliform bakteri sayısının tespit edildiği çalışmasında en iyi sonucun, % 4 nişasta, % 2 gliserol ve % 1,5 kitosan solüsyonunun kullanıldığı kompozisyonda elde edildiği belirtilmiştir. Çalışmada 10°C'de 15 gün sonunda toplam koliform bakteri sayısında kontrole göre (sadece ambalaj filmi uygulanan) 2,56 logkob/g'lık bir azalma tespit edilmiştir. Kaplamaya % 1,5 kitosan ilavesinin toplam koliform gelişimin inhibe edilmesinde etkili olduğu savunulmuştur. Bizim çalışmamızda ise % 1,5 kitosan ile birlikte uygulanan MAP, birinci gün depolamadan 18 gün depolama sonuna kadar koliform bakteri sayısında yaklaşık 2 logkob/g azalma sağlamıştır.

4.2.2. Aerobik-mezofilik bakteri analizi sonuçları

Taze çileklere uygulanan farkı kaplama materyallerinin depolama süresi boyunca aerobik-mezofilik bakteri sayısına etkisi çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere farklı kaplama ve MAP uygulamaları ile depolama süresi arasındaki etkileşimler önemli bulunmuştur. Kontrol grubunun aerobik-mezofilik bakteri yükü diğer kaplama uygulamalarından yaklaşık 2 logkob/g fazladır ve bu fark istatistiksel olarak önemlidir.

Başlangıçta taze çileğin aerobik-mezofilik bakteri yükü 3,20 logkob/g'dır. İlk gün sonunda kontrol grubunda ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerde aerobik-mezofilik bakteri sayısında artış görülmüştür. Bu sonuç bu iki grupta solunumun hızlı olmasından kaynaklanan mikroorganizma gelişiminin artmasıyla ilişkilendirilebilir. Kitosan-nisin kaplı çilekler ise başlangıçta en düşük aerobik-mezofilik bakteri sayısına sahiptir. Bu sonuç, pH değeriyle paralellik göstermektedir. pH ilk gün en düşük değerde olup depolama boyunca

artmaktadır. Nisin düşük pH'larda daha aktiftir ve bakteriler düşük pH da hücre geçirgenliğine daha duyarlıdır (Gadang ve ark., 2008).

Çizelge 4.7. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde aerobik-mezofilik bakteri sayısı (logkob/g)

Uygulama	Depolama Süresi (gün)			
	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün
Kontrol	3,955±0,458Aa*	4,159±0,083Aa	3,284±0,199Aa	3,109±0,468Aa
Kitosan	3,209±0,004Aab	1,661±0,260Bb	3,555±0,051Aa	1,822±0,115Bb
Kitosan-Nisin	2,395±0,623Ab	2,415±0,337Ab	3,693±0,265Ba	1,829±0,023Ab
Kitosan-Nar Ç.T.	3,557±0,686Aab	1,54±0,088ABb	1,716±0,088Bb	1,716±0,088Bb
Kitosan-Natamisin	3,115±0,021Aab	2,63±0,122Bb	1,772±0,322Bb	1,772±0,322Bb
Kitosan-Üzüm Ç.T.	3,145±0,224Aab	2,115±0,163ABb	3,097±0,056Aa	1,892±0,337Bb

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0,05$).

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0,05$).

* Sonuçlar aritmetik ortalama+standart sapma olarak verilmiştir.

Aerobik-mezofilik sayısındaki artış depolamanın 5. günü sonunda kontrol grubunda devam etmiş olup, kaplama yapılan gruplarda ise azalma tespit edilmiştir. Depolama sonunda ise, aerobik-mezofilik bakteri yükü en yüksek kontrol grubunda bulunmuştur. Bu sonuç pH değerleriyle örtüşmektedir. Depolamanın 18. günü sonunda pH en yüksek kontrol grubunda tespit edilmiştir. pH yüksekliği bozulma oranının daha fazla olmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Kontrol grubunda solunumun hızlı olmasından dolayı organik asitler kullanılarak pH yükselmesine neden olur (Aday, 2011).

Depolama boyunca aerobik-mezofilik bakteri sayısında en fazla azalma kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerde tespit edilmiş olup, bu azalma yaklaşık 1,8 logkob/g'dır. Kanatt ve ark. (2010); antimikrobiyal aktivitenin bitki ekstraktlarındaki fenolik bileşenlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Fenolik bileşikler bakteri hücre membranını bozarak, bakterilerin çoğalma ve gelişimini geciktirmektedirler (Sivarooban ve ark., 2008).

Yapılan çalışmalarda depolama sonunda kitosan-bakteriyosin kombinasyonlarında kontrol grubuna (sadece MAP uygulaması) göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Birbirini tamamlayan MAP ve bakteriyosin uygulamalarının gıda bozulmasını engellemede daha iyi sonuç verdiği ifade edilmiştir (Gálvez ve ark., 2007).

Çalışmada kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çileklerin 18 gün depolama sonunda aerobik-mezofilik bakteri sayısında yaklaşık 1,3 logkob/g'lık azalma söz konusudur. Corrales ve ark. (2009) göre bezelye nişastasına ilave edilen üzüm çekirdeği ekstraktının 4 gün sonra 4°C'de bakteri gelişiminde 1,3 logkob/g azalma sağladığı tespit edilmiştir.

Çalışmada kitosan kaplı çileklerde 18 gün depolama sonunda başlangıç aerobik-mezofilik yüküne göre yaklaşık 1,4 logkob/g azalma görülürken, kontrol grubuyla kıyaslandığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. Moreira ve ark. (2011) 20 gün depolanan brokoliler üzerinde yaptıkları çalışmada, kitosan (% 2) kaplama uygulamasının aerobik-mezofilik bakteriler üzerine bakterisidal etkisinin, kaplanmamış örneklere göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (1,5-2,5 logkob/g'luk azalma). Ayrıca Durango ve ark. (2006) yaptıkları çalışmaya göre, havuçlara uygulan kitosan kaplamanın (% 4 nişasta ile birlikte) mezofilik aerob kontrolünde etkili olduğu, mikrobiyal yükte depolama sonuna kadar (15 gün 10°C'de) 1,34 logkob/g bir azalma olduğu belirtilmiştir. Kitosan kaplanan örneklerin aerobik-mezofilik bakteri sayısının kontrole göre daha düşük çıkması çalışmamızdaki sonuçları destekler niteliktedir. Ghasemnezhad ve ark. (2012) 4°C'de 12 gün depolanan % 1 kitosan kaplı nar tanelerinin kontrole göre bakteriyal yüklerinde % 50 azalma görüldüğünü ifade etmiştir. Kitosanın antimikrobiyal karakteri, mikroorganizmaların protein ve diğer hücre içi bileşenlerin sızıntısına yol açan negatif yüklü mikrobiyal hücre membranıyla, pozitif amino gruplarının interaksiyonundan kaynaklanmaktadır (Moriera ve ark., 2009).

4.2.3. Maya-Küf analizi Sonuçları

Yüksek maya-küf sayısı gıdanın bozulma göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir. Çilekte özellikle küfler depolama boyunca problem yaratırken, çileğin raf ömrü genellikle küf üretmesi nedeniyle sonlanmaktadır. *Botrytis cineria* ve *Rhizopus sp.* çilekte bozulmadan sorumlu, en sık karşılaşılan küflerdir (Park ve ark., 2005; Tanada-Palmu ve Grosso, 2005).

Çizelge 4.8'de görüldüğü üzere, başlangıç maya-küf yükü 4,26 logkob/g olan taze çileğin, maya-küf yükünün depolamanın birinci günü sonunda bütün gruplarda azaldığı görülmüştür. Sadece MAP uygulanan kontrol grubu çileklerin maya-küf yüklerindeki azalma MAP-kaplama uygulanan grupların maya-küf yükünden daha azdır. İlk gün yapılan analiz sonunda maya-küf yükünde azalmanın en çok görüldüğü grup ise kitosan-natamisin kaplı

olanlardır. Buna dayanarak antifungal etkiye sahip olduğu bilinen natamisin'in etkisini hızlı bir şekilde gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 4.8. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde maya-küf sayısı (logkob/g)

Uygulama	Depolama Süresi (gün)			
	1.gün	5.gün	10.gün	18.gün
Kontrol	3,619±0,456Aa*	3,890±0,735Aa	3,997±0,233Aa	3,021±0,001Aa
Kitosan	3,313±0,185Aa	3,292±0,013Aa	3,588±0,004Aa	2,301±0,001Aab
Kitosan-Nisin	3,270±0,018Aa	3,541±0,159Aa	3,635±0,046Aa	1,151±1,627Bbcd
Kitosan-Nar Ç.T.	3,010±0,183Aa	3,237±0,141Aa	3,596±0,293Aa	<1,00±0,001Bc
Kitosan-Natamisin	2,846±0,522Aa	3,161±0,116Aa	3,283±0,221Aa	<1,00±0,001Bc
Kitosan-Üzüm Ç.T.	3,358±0,022ABa	3,553±0,222Aa	3,174±0,019ABa	1,849±0,213Bad

Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0,05$).

Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p \leq 0,05$).

* Sonuçlar aritmetik ortalama+standart sapma olarak verilmiştir.

Depolama süresince 1. günden itibaren artan maya-küf yükleri 10. günden sonra azalmaya başlamıştır. Önceki analiz günlerinde artmış olan maya-küf yüklerinin 18. günkü analiz sonucunda azalması mikroorganizmaların gelişebileceği ortam koşullarının yetersiz olmasından kaynaklanabilmektedir. Su aktivitesi uygunluğu, düşük pH ve besinsel öğelerin fazlalığı küflerin gelişimini kolaylaştırmaktadır (Vu ve ark., 2011).

Depolama sonunda maya-küf sayılarında azalma görülmüş olup, uygulamalar açısından grup ve tarih arasındaki interaksiyonlar önemli bulunmuştur. Başlangıç yüküne göre depolama sonunda en fazla azalma kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerde tespit edilmiştir ve bu azalma 2 logkob/g'dır. Ayrıca depolama sonunda en yüksek maya-küf yükü kontrol grubunda bulunmuştur. İstatistiksel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde ise, depolama

sonunda kitosan-nisin, kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı örneklerle kaplanmamış olanlar arasında fark önemlidir.

Depolama sonunda farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin başlangıca göre en düşük maya-küf yükleri kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerde görülmüştür. Bunun sonucu olarak kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozunun antifungal etkisinin diğer kaplama materyallerinden daha etkili olduğu söylenebilir. De Oliveira ve ark. (2007) natamisin peynir yüzeyinde küf gelişimin önlenmesi için kullanıldığını bildirmişlerdir. Kaplama solüsyonlarına potasyum sorbat gibi antifungal ajanların ilavesi, çileklerin depolama süresi için sınırlayıcı faktör olan mikrobiyal gelişme ve meyve yumuşamasının kontrolünde başarılı olmuştur (Garcia ve ark., 2001). Türe ve ark. (2008) natamisin ilave edilen kaplama solüsyonlarının antifungal etkisinin hücre membranındaki sterollerin bağlanmasıyla hücre geçirgenliğinin artmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Natamisin ergosterolle birleşip hücrenin geçirgenlik mekanizmasını tahrip etmesi nedeniyle su aktivitesindeki düşüş daha fazla olabilir. Yılmaz ve Kurdal (2005) ortamın su aktivitesi düştüğünde natamisin antimikrobiyal aktivitesinin artacağını savunmuşlardır. 18 gün depolama boyunca kitosan-natamisin kaplı çileklerin su aktivitesinin diğer gruplara göre daha fazla düşmesi ve en düşük maya-küf değerlerinin de bu uygulamayla elde edilmesi sonuçları destekler niteliktedir.

Kitosan antifungal özelliğe sahip olmasına rağmen depolama sonunda maya-küf yükü kitosan-nar çekirdeği tozu ile kaplı çilek örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı örneklerin maya-küf yükünün daha düşük çıkması ise kitosan ve nar çekirdeği antimikrobiallerinin birlikte antifungal özelliklerinin pozitif etki göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca kitosan-nisin, kitosan-natamisin, kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çileklerin maya-küf yükleri yalnız kitosan kaplı çileklerin maya-küf yüklerinden daha düşük bulunmuştur. Sonuç; kitosanın antifungal etkisinin diğer doğal bileşenlerle arttığını göstermektedir. Depolama sonunda kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı örneklerde briks değerleri kontrol grubu ve diğer kaplama uygulamalarına göre daha yüksektir. Dolayısıyla nem kaybı kitosan-nar çekirdeği kaplı örneklerde daha azdır ve mikroorganizmaların gelişimi için gerekli su içeriği bu grupta mevcuttur. Bu bakımdan maya-küf sayısının azaltılmasında narın içerdiği fenoliklerin daha etkili olduğu söylenebilir.

Park ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada % 2 kitosan ve % 0,3 potasyum sorbat içeren taze çileklerin *Cladosporium sp.* ve *Rhizopus*'a karşı antifungal etkilerinin değerlendirilmesinde potasyum sorbat içeren kitosan kaplamaların ancak *in vitro* testlerde

önemli bir sinerjistik inhibisyon aktivitesinin olduğu belirtilmiştir. Kitosan-potasyum sorbat uygulamasının küf gelişimi üzerine, yalnız kitosan kaplı olanlardan daha etkili olduğu görülmüştür. Yaptığımız çalışmada ise, benzer sonuçlar elde edilmiş olup, antimikrobiyal ilave edilen kitosan solüsyonlarının maya-küf yükü kitosan kaplı örneklerden daha düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda kitosan kaplı çileklerle, kaplanmamış (kontrol) çilekleri karşılaştırdığımızda 4°C’de 18 gün depolama sonucunda kitosan kaplı çileklerin kontrol grubuna göre maya-küf yüklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Depolama sonunda kitosan kaplı çileklerin maya-küf yüklerinde başlangıca göre 1 logkob/g bir azalma vardır. Wang ve Gao (2012)’nin çalışmasında benzer sonuçlar elde edilmiş olup, kitosan kaplı çileklerde küf gelişmesi kontrol grubuna göre daha az tespit edilmiştir. Taze kesilmiş papayalara uygulanan kitosan kaplamanın depolama sonunda kontrole göre maya-küf gelişimini inhibe etmesi açısından daha etkili olduğu belirtilmiştir. Bu açıdan sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermektedir (Gonzalez-Aguilar ve ark., 2009). Perdones ve ark. (2012) soğukta depolanan çileklere kitosan kaplama uygulamalarının antifungal etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca limon esansiyel yağının kitosan solüsyonuna dahil edilmesi ile antifungal etkinin zenginleştiği savunulmuştur.

Waimaleongora-Ek ve ark. (2008), taze kesilmiş tatlı patateslerde 18 gün depolama sonunda kaplanmamış ve kitosan kaplı örneklerin her ikisinin maya-küf yüklerinde yaklaşık olarak 1 logkob/g’lık bir artış olduğunu ifade etmişlerdir. Depolama sonunda kitosan kaplı örneklerin maya-küf yükü yaklaşık 2,5 logkob/g’dır. Çileklerle yapmış olduğumuz çalışmada, kitosan kaplı örneklerin depolama sonunda maya-küf yükleri yaklaşık 2 logkob/g iken, depolamanın 1. gününe göre 1 logkob/g azalma söz konusudur. Çalışmamızdaki maya-küf yüklerinin daha düşük olmasında MAP uygulamasının da pozitif etkisi olduğu söylenebilir.

Kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplı çilekler kontrolle istatistiksel olarak farklı çıkmamasına rağmen, depolama sonunda mikrobiyal yüklerinde kontrole göre azalma tespit edilmiştir. Üzüm çekirdeği-kolza proteini-jelatin filmiyle kaplanan Maehyang çileklerinde benzer sonuçlar elde edilmiş olup, kaplanan örneklerin maya-küf yükünde kaplanmayanlara göre azalma tespit edilmiştir (Jang ve ark., 2011). Üzüm çekirdeği ekstratı içeren kitosan filmlerinin antifungal etkisi membranın fiziksel bozulmasından ileri gelmektedir (Xu ve ark., 2007).

Depolama boyunca çilekler görsel olarak kontrol edilmiştir. 18 gün depolamadan sonra belli periyodlarla küf üremesi kontrol edilmiştir. 33. ve 38. günlerde de yapılan görsel değerlendirmeler sonucunda herhangi bir küf üremesiyle karşılaşılmadığından analizler

depolamanın 40. günü tekrarlanmıştır. Ancak ambalaj dışından görsel olarak herhangi bir olumsuzluk olmamasına rağmen, mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirildiğinde mikrobiyal yükün tespit edilebilecek seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir. Bunun yanısıra açılan paketlerde istenmeyen koku oluşumu ve çileklerin bazılarında yumuşama gözlenmiştir. Bozulmanın enzimatik reaksiyonlar sonucunda olduğu söylenebilir ve mikroorganizmaların özellikle aerobik özellikteki küf ve bakterilerin CO₂ oranını arttırdığı bir ortamda gelişmesi beklenemez. Fakat maya ve koliform grubu bakterilerinde gelişme göstermemiş olması hem çilekte kullanabilecekleri besin elementleri kalmamış olmasını hemde değişen pH ve diğer fizikokimyasal özellikler dolayısıyla tespit edilemeyecek seviyeye indiğini göstermektedir.

Buradan ortamda mikroorganizmaların yararlanacağı besin elementlerinin 40. günde ortamda yetersiz olduğu ve bu nedenle mikroorganizmaların gelişim göstermedikleri söylenebilir. Ayrıca kaplar açıldığında kaplanmış çilek örneklerinde yumuşama, koku değişimi gibi arzu edilmeyen kalite kriterlerinin hakim duruma geçtiği görülmüştür. Bu nedenle analiz sonuçları 18. gün baz alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.3. (A) 33. günde kontrol ve farklı kaplama uygulanan çileklerin görünümü (B) 38. günde kontrol ve farklı kaplama uygulanan çileklerin görünümü.

BÖLÜM 5**SONUÇ VE ÖNERİLER**

Hasat sonrası çok hızlı bozulabilen ve raf ömürleri kısa olan çilekler ülkemiz ekonomisi ve halkımızın beslenmesi için önemli bir üründür. Hassas bir meyve olan çilek hasat sonrası, depolama, nakliye, ambalajlama işlemleri esnasında mekanik hasar, su kaybı, çürüme gibi ekonomik kaybı arttırıcı problemlere maruz kalır. Bu kayıpların azaltılması, bozulmaya neden olan mikroorganizma gelişiminin önlenmesi ve raf ömrünün arttırılması çeşitli muhafaza yöntemlerinin geliştirilmesi veya kombine edilmesiyle mümkündür.

Bu çalışmada kitosan kaplama materyali içine farklı doğal antimikrobiyal maddeler ilave edilerek (nisin, natamisin, nar çekirdeği tozu ve üzüm çekirdeği tozu) çilek meyvesinin raf ömrüne etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 4°C'de 40 gün depolanan çileklere kalitede etkili parametreler olan, pH, suda çözünür kuru madde, su aktivitesi, ambalaj içi gaz kompozisyonu (O₂ ve CO₂ değişimi), renk, tekstür profil analizi ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre, depolama süresi sonunda kaplama yapılan çileklerin pH'ları kontrol grubundan (3,566) daha düşük bulunmuştur. En düşük pH değerleri kitosan (3,423) kaplı çileklerde tespit edilmiştir. Depolama sonunda kaplanan çileklerin briks ve su aktivitesi değerleri kontrole göre daha yüksek çıkmıştır. 40 gün sonunda briks değerleri kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-natamisin kaplama uygulamalarında en iyi sonucu vermiştir. Depolama sonunda su aktivitesi bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. 18 gün depolama sonunda ise en düşük su aktivitesi değerleri kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamalarında görülmüştür. Ambalaj içi gaz konsantrasyonları değerlendirildiğinde ise, en düşük O₂ (% 0,1) ve en yüksek CO₂ (% 32) konsantrasyonu solunumun hızlı olmasından ötürü kontrol grubu ambalajlarında görülürken, en yüksek O₂ (% 3) ve en düşük CO₂ (% 18) konsantrasyonu kitosan-nisin kaplı çilekler ambalajlarında tespit edilmiştir. Kitosan-nisin uygulaması, diğer kaplama uygulamalarına göre daha iyi bir gaz bariyer özelliği göstermektedir. Çilekte parlaklığın belirlenmesinde *L** değeri dikkate alınmaktadır. *L** değerleri kıyaslandığında, kontrol grubuyla kitosan-nisin dışındaki diğer kaplama uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark görülmüştür. Depolama sonunda *L** değerindeki azalma en az kitosan-üzüm çekirdeği tozu kaplanan çilek örneklerinde tespit edilmiştir. Çileklerde kırmızılığın göstergesi olan *a** değerinde depolama sonunda azalma görülmüş olup, gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. *a** değerinde depolama sonunda en iyi sonuçlar kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulanan çileklerde görülmektedir. Tekstür, meyvenin kalitesinin değerlendirilmesi için kullanılan

temel parametrelerden biridir. Depolama sonunda, sertlik, dış yapışkanlık, elastikiyet, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri incelendiğinde kaplama yapılan çileklerde kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada kaplama uygulamasının çileklerin; koliform, aerobik-mezofilik bakteri ve maya-küf sayısı üzerine etkisi araştırılmıştır. 18. günde yapılan analizler sonrasında 33. ve 38. günlerde görsel olarak küf üremesinin rastlanılmaması nedeniyle 40. gün mikrobiyolojik analize devam edilmiştir. Ancak mikroorganizmaların gelişebilecekleri ortam koşulları yetersiz olduğundan 40. gün analiz sonuçlarına göre mikrobiyal gelişim tespit edilmemiştir. Bu nedenle mikrobiyolojik analiz sonuçları 18 gün depolama baz alınarak değerlendirilmiştir. Mikrobiyolojik sonuçlara göre kaplanan çileklerin mikrobiyal yükü kaplanmayanlarla kıyaslanarak, hangi muamelenin mikroorganizma sayısını azaltmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda kaplama uygulanan çileklerin koliform, aerobik-mezofilik bakteri ve maya-küf sayısı kaplanmayan örneklere göre daha düşük çıkmıştır. Koliform bakteri sayısı açısından depolama sonunda mikrobiyal inaktivasyonu sağlamakta en etkili uygulama kitosan-nar çekirdeği tozu ve kitosan-üzüm çekirdeği tozu olarak (0,588 logkob/g) bulunmuştur. Bu bilgiye ilave olarak aerobik-mezofilik bakteri sayısında da en fazla azalma (yaklaşık 1,9 logkob/g) kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çilek örneklerinde gözlemlenmiştir. Diğer analiz sonuçları değerlendirildiğinde, kitosan-natamisin ve kitosan-nar çekirdeği tozu kaplı çileklerin maya-küf yükü <1 logkob/g bulunmuştur. 18 gün depolanan çileklerin su aktivitesi değerlerinin en düşük bu iki grupta görülmesi maya-küf sonuçlarını desteklemektedir.

Kitosan bazlı kaplamalar çilek meyvesinde fizikokimyasal özelliklerin değişimini geciktirmesi açısından kontrol grubuna göre daha etkili olmuştur. Antimikrobiyal ilave edilen kitosan kaplama solüsyonları, solunum hızının yavaşlatılarak pH, renk, tekstür vb. kalite parametrelerinin korunmasında kontrol grubuna göre daha iyi sonuç vermiştir. Fizikokimyasal ve mikrobiyolojik bulgular bir arada incelendiğinde, kitosan-nar çekirdeği tozu kaplama uygulamasının çileklerin kalite özelliklerinin korunmasında en etkili uygulama olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma sonucuna göre genel bir değerlendirme yapıldığında, çilekte raf ömrünün arttırılmasında, mikrobiyal, besinsel ve duyuşsal özelliklerin muhafazasında, düşük depolama sıcaklığı ve modifiye atmosfer paketlemeyle birlikte yenilebilir kaplama işleminin başarıyla kullanılabileceği gözlenmiştir. Günümüzde yenilebilir film/kaplamaların, zayıf mekanik ve bariyer özellikleri, bazı protein bazlı kaplama materyallerinin alerjenik olduğunun düşünülmesi, uygun kaplama materyal seçiminde yaşanan problemler ve yine bazı kaplama

materyallerinin ürünün duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemesi gibi sebeplerden ötürü ticari olarak kullanımı sınırlıdır. Maliyet açısından değerlendirildiğinde ise, yenilebilir kaplamalar ambalaj materyali olarak daha ekonomiktir. Yenilebilir film veya kaplamaların gıda endüstrisi atıklarından elde edilen makromoleküllerin kullanımıyla elde edilmesi maliyetin düşürülmesi için önemlidir.

Duyuşal özellikler, kaplanan ürünün pazardaki tercihini ve tüketicilerin bu ürünleri kabul edilebilirliği açısından önemlidir. Antimikrobiyal yenilebilir kaplamaların gıda ürünlerinin raf ömürlerini tüketici beğenisine zarar vermeden arttırdığı görülmektedir. Ancak bu konudaki çalışmalar yetersiz olduğundan, kaplanan ürünlerin renk, aroma, tekstür gibi özelliklerinin daha fazla araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Sağlık açısından bakıldığında ise, kaplamaların diğer kimyasal yöntemlere kıyasla daha güvenilir olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yenilebilir kaplamaya doğal antimikrobiyal ilavesinin konsantrasyonu GRAS listesinde belirtilen değerler doğrultusunda gerçekleştirildiği takdirde herhangi bir sağlık tehditi bulunmamaktadır. Buda tüketicilerin sağlık endişesini ortadan kaldıran bir durumdur. Buna ilaveten yenilebilir film ve kaplamalar sentetik ambalajlara göre çevre dostu olarak bilinmektedir.

Yenilebilir film veya kaplamaların ambalaj materyali olarak değerlendirilmesinde, fiyat-yarar ilişkisi, uygulanacağı gıda ürününün kalitesi ve raf ömrüne olumlu etkisi, üretim aşamasında kirliliği azaltıp-azaltmaması gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle çabuk bozulan meyve-sebze gibi ürünlerin raf ömürlerinin arttırılmasında yenilebilir kaplama uygulamaları alternatif yöntemlerden biridir. Çeşitli antimikrobiyallerin farklı konsantrasyonlardaki bileşimlerinden oluşturulan kaplama yöntemleri denenerek daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Değişen ve gelişen yaşam koşulları doğrultusunda bu yönde daha çok araştırma yapılarak karşılaşılabilecek problemlerin önüne geçileceği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- 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. ve Caner C., 2010. The Applications of ‘Active Packaging and Chlorine Dioxide for Extended Shelf Life of Fresh Strawberries. *Packaging Technology and Science*, 24 (3): 123-136.
- Aday M.S., 2011. Aktif Ambalajlama ve Yeni Muhafaza Yöntemleri ile Çileğin Raf Ömrünün Arttırılması (Doktora Tezi). 18 Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ÇANAKKALE.
- Aider M., 2010. Chitosan Application for Active Bio-Based Films Production and Potential in the Food Industry: Review. *Food Science and Technology*, 43: 837-847.
- Akalın A.C., 2011. Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ANKARA.
- Akbay C., Candemir S. ve Orhan E., 2005. Türkiye’de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlanması. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8 (2): 96-107.
- Aktürkoğlu E. ve Erol İ., 1999. Beyaz Peynir Üretiminde Nisin Kullanımı ile *Listeria Monocytogenes*’in İnhibisyonu. *Tr. J. of Veterinary and Animal Science*, 23 (4): 785-792.
- Allende A., Tomás-Barberán F.A. ve Gil M.I., 2006. Minimal Processing for Healthy Traditional Foods. *Trend in Food Science & Technology*, 17: 513-519.
- Andrade R.D., Skurtys O. ve Osorio F.A., 2012. Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (3): 323-337.
- Anonim, 2012a. Yaş Meyve ve Sebzelerde Derim (Hasat) Sonrası Oluşan Kayıplar. 10 Ekim 2012, <http://www.alata.gov.tr/wpcontent/uploads/2012/09/DerimSonras%C4%B1Ka%C4%B1plarM%C3%9Cnl%C3%BC.pdf>

- Anonim, 2012b. Enzimlerin ve Mikroorganizmaların Gıda Muhafazasında Kullanılması, 20 Eylül 2012, http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu809/enzim_ve_mikroorganizma.pdf.
- Anonim, 2012c. Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants Natamycin (Pimaricin), 15 Eylül 2012, <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je06.htm>.
- Anonim, 2012d. Chapter 4: Stability of Natamycin of Natamycin and its Cyclodextrin Inclusion Complexes in Aqueous Solution. 16 Eylül 2012, http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-02132003-124556/unrestricted/04_Stability_etd.pdf
- Anonim, 2012e. What Is Grape Seed Powder?. 5 Ekim 2012, <http://www.wisegeek.com/what-is-grape-seed-powder.htm>.
- Anonim, 2012f. Çilek. 8 Kasım 2012., <http://www.turkcebilgi.org/yemek-icmek/besinler-ve-ozellikleri/cilek-24676.html>.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis*, 172.01, 17th (Ed.), Association of Official Analytical Chemists, USA.
- Apaydın E., 2007. Antimikrobiyal ve Antioksidan İçeren Mısır Z eini Filmi Uygulamalarının Orta Nemli Gıdaların Kalitesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İZMİR.
- Appendini P. ve Hotchkiss J.H., 2002. Review of Antimicrobial Food Packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3: 113-126.
- Ayana B. ve Turhan K. N., 2010. Gıda Ambalajlamasında Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmler/Kaplamalar ve Uygulamaları. *Gıda*, 35 (2): 151-158.
- Betoret E., Betoret N., Vidal D. ve Fito P., 2011. Functional Foods Development: Trends and Technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22: 498-508
- Beveridge T., Loubert E. ve Harrison J.E., 2000. Simple Measurement of Phenolic Esters in Plant Cell Walls. *Food Research International*, 33: 775-783.

- Bierhalz A.C.K., Da Silva M.A. ve Kieckbusch T.G., 2012. Natamycin Release from Alginate/Pectin Films for Food Packaging Applications. *Journal of Food Engineering*, 110: 18-25.
- Bostan K., Aldemir T. ve Aydın A., 2007. Kitosan ve Antimikrobiyal Aktivitesi. *Türk Mikrobiyol. Cem. Derg.*, 37 (2): 118-127.
- Caliskan O. ve Bayazit S., 2012. Phytochemical and Antioxidant Attributes of Autochthonous Turkish Pomegranate. *Scientia Horticulturae*, 147: 81-88.
- Campaniello D., Bevilacqua A., Sinigaglia M. ve Corbo R.M., 2008. Chitosan: Antimicrobial Activity and Potential Applications for Preserving Minimally Processed Strawberries. *Food Microbiology*, 25: 992-1000.
- Caner C., Aday M.S. ve Demir M., 2008. Extending the Quality of Fresh Strawberries by Equilibrium Modified Atmosphere Packaging. *Europeand Food Research and Technology*, 227 (6): 1575-1583.
- Caner C. ve Aday M.S., 2009. Maintaning Quality of Fresh Strawberries Through Various Modified Atmosphere Packaging. *Packaging Technology and Science*, 22: 115-122.
- Carmen A.C, Gerschenson L.N. ve Flores S.K., 2011. Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technology*, 4: 849-875.
- Cháfer M., Sánchez-González L., González-Martínez Ch. ve Chiralt A., 2012. Fungal Decay and Shelf Life of Oranges Coated with Chitosan and Bergamot, Thyme, and Tea Tree Essential Oils. *Journal of Food Science*, 77 (8): 182-187.
- Chen H. ve Hoover D.G., 2003. Bacteriocins and Their Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 82–100.
- Chien Po-J., Sheu F. ve Yang F. H., 2007. Effect of Edible Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Sliced Mango Fruit. *Journal of Foof Engineering*, 78: 225-229.
- Cong F., Zhang Y. ve Dong W., 2007. Use of Surface Coatings with Natamycin to Improve the Storability of Hami Melon at Ambient Temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 71-75.

- Cooksey K., 2005. Effectiveness of Antimicrobial Food Packaging Materials. *Food Additives and Contaminants*, 22 (10): 980-987.
- Corbo M.R., Speranza B., Campaniello D., D'Amato D. ve Sinigaglia M., 2010. *Fresh-Cut Fruit Preservation: Current Status and Emerging Technologies*. In: Méndez-Vilas A. (ed.), *Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 1143-1154.
- Corrales M., Han H. J. ve Tauscher B., 2009. Antimicrobial Properties of Grape Seed Extract and Their Effectiveness After Incorporation into Pea Starch Films. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 425-433.
- De Arauz L.J., Jozala A.F., Mazzola P.G. ve Penna T.C.V., 2009. Nisin Biotechnological Production and Application: a Review. *Trends in Food Science & Technology*, 20: 146-154.
- Devlieghere F., Vermeulen A. ve Debevere J., 2004. Chitosan: Antimicrobial Activity, Interactions with Food Components and Applicability As a Coating on Fruit and Vegetables. *Food Microbiology*, 21: 703-714.
- De Oliveira T.M., De Fátima Soares N., Pereira R.M. ve Fraga K., 2007. Development and Evaluation of Antimicrobial Natamycin-Incorporated Film in Gorgonzola Cheese Conservation. *Packaging Technology and Science*, 20: 147-153.
- Diaz-Mula H.M., Serrano M. ve Valero D., 2011. Alginate Coatings Preserve Fruit Quality and Bioactive Compounds during Storage of Sweet Cherry Fruit. *Food Bioprocess Technol.*, DOI 10.1007/s11947-011-0599-2, In press.
- Ding C.K., Chachin K., Ueda Y., Imahori Y. ve Wang C.Y., 2002. Modified Atmosphere Packaging Maintains Postharvest Quality of Loquat Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 341-348.
- Djioua T., Charles F., Freire Jr M., Filgueiras H., Ducamp-Collin M.N ve 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.

- Durango A.M., Soares N.F.F. ve Andrade N.J., 2006. Microbiological Evaluation of an Edible Antimicrobial Coating on Minimally Processed Carrots. *Food Control*, 17: 336-341.
- Dutta P.K., Tripathi S., Mehrotra G.K. ve Dutta J., 2009. Perspectives for Chitosan Based Antimicrobial Film in Food Applications. *Food Chemistry*, 114: 1173-1182.
- EFSA, 2009. Scientific Opinion on the Use of Natamycin (E 235) As a Food Additive. *EFSA Journal*, 7 (12): 1412.
- Erkan Koç B. ve Özkan M., 2011. Gıda Endüstrisinde Kitosanın Kullanımı. *Gıda*, 36 (3): 161-168.
- Fajardo P., Martins J.T., Fuciños C., Pastrana L., Teixeira J.A. ve Vicente A.A., 2010. Evaluation of a Chitosan-Based Edible Film as Carrier of Natamycin to Improve the Storability of Saloio Cheese. *Journal of Food Engineering*, 101: 349-356.
- Falguera V., Quintero J.P., Jiménez A., Muñoz J.A. ve Ibarz A., 2011. Edible Films and Coatings: Structures, Active Functions and Trends in Their Use. *Trends in Food Science & Technology*, 22: 292-303.
- Farber J.N., Harris L.J., Parish M.E., Beuchat L.R., Suslow T.V., Gorney J.R., Garret E.H. ve 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.
- Feng P., Weagant S.D., Grant M.A. ve Burkhardt W., 2002. Bacteriological Analytical Manual, 8th Edition, Revision A, Chapter 4, Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria, *FDA*.
- Fernandes V.C., Domingues V.F., De Freitas V., Delerue-Matos C. ve Mateus N., 2012. Strawberries from Integrated Pest Management and Organic Farming: Phenolic Composition and Antioxidant Properties. *Food Chemistry*, 134: 1926-1931.
- Gadang V.P., Hettiarachchy N.S., Johnson M.G. ve Owens C., 2008. Evaluation of Antibacterial Activity of Whey Protein Isolate Coating Incorporated with Nisin, Grape Seed Extract, Malic Acid, and EDTA on a Turkey Frankfurter System. *Food Microbiology and Safety*, 73 (8): 389-394.

- Gálvez A., Abriouel H., López R.L. ve Omar N.B., 2007. Bacteriosin-Based Strategies for Food Biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120: 51-70.
- Garcia M.A., Martino M.N. ve Zaritzky N.E., 1998. Starch- Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *J. Sci. Food Agric.*, 76: 411-420.
- Garcia M.A., Martino M.N. ve Zaritzky N.E., 2001. Composite Starch-Based Coatings Applied to Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Nahrung*, 4: 267-272.
- Garcia L.C., Pereira L.M., Sarantópoulos C.I.G. ve Hubinger M.D., 2012. Effect of Antimicrobial Starch Edible Coating on Shelf-Life of Fresh Strawberries. *Packaging Technology and Science*, 25: 413-425.
- Geraldine R.M., Ferriera N., Alverenga B. ve Almeida G., 2008. Characterization and Effect of Edible Coatings on Minimally Processed Garlic Quality. *Carbohydrate Polymers*, 72: 403-409.
- Ghasemnezhad M., Shiri M.A. ve Sanavi M., 2010. Effect of Chitosan Coatings on Some Quality Indices of Apricot (*Prunus armeniaca L.*) During Cold Storage. *Caspian J. Env. Sci.*, 8 (1): 25-33.
- Ghasemnezhad M., Zareh S., Rassa M. ve Sajedi R.H., 2012. Effect of Chitosan Coating on Maintenance of Aril Quality, Microbial Population and PPO Activity of Pomegranate (*Punica granatum L.*) at Cold Storage Temperature. *J.Sci. Food Agric.*, DOI 10.1002/jsfa.5770, In press.
- Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J.M., Quiles L., Mezzetti B. ve Battino M., 2012. The Strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition*, 28: 9-19.
- González-Aguilar G.A., Valenzuela-Soto E., Lizardi-Mendoza J., Goycoolea F., Martínez Téllez M.A., Villegas-Ochoa M.A., Monroy-García I.N. ve Ayala-Zavala J.F., 2009. Effect of Chitosan Coating in Preventing Deterioration and Preserving the Quality of Fresh-Cut Papaya 'Maradol'. *J. Sci. Food Agric.*, 89: 15-23.
- Göktürk Baydar N., Özkan G. ve Sağdıç O., 2004. Total Phenolic Content and Antibacterial Activities of Grape (*Vitis Vinifera L.*) Extracts. *Food Control.*, 15: 335-339.

- Guilbert S., 1986. *Technology and Application of Edible Protective Film in: Food Packaging and Preservation*, M. Matathlouthi (ed), Elsevier Applied Science Publishers, New York, 371-394p.
- Guilbert, S., Gontard, N. ve Gorris, L.G.M., 1996. Prolongation of the Shelf-Life of Perishable Food Products Using Biodegradable Films and Coatings. *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie*, 29 (1):10-17.
- Gündüz K. ve Özdemir E., 2012. Çileklerde Meyve Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 2 (1):
- Haminiuk W.I.C., Maciel M.G., Plata-Oviedo S.V.M. ve Peralta M.R., 2012. Phenolic Compounds in Fruits-an Overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 47: 2023-2044.
- Hampikyan H. ve Çolak H., 2007. Nisin ve Gıdalardaki Antimikrobiyal Etkisi. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6 (2): 142-147.
- Han, J. H., 2000. Antimicrobial food packaging. *Food Technology*, 54 (3), 56–65.
- Harrigan F. W., 1998. *Laboratory Methods in Food Microbiology*, 3th Edition. Academic Press. San Diego, USA, 162-163p.
- Hernández-Muñoz P., Almenar E., Ocio M.J. ve Gavara R., 2006. Effect of Calcium Dips and Chitosan Coatings on Postharvest Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Postharvest Biol. Technol.*, 39: 247-253.
- Hernández-Muñoz P., Almenar E., Valle V.D., Velez D. ve 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.
- Hosseini M.H., Razavi S.H. ve Mousavi M.A., 2009. Antimicrobial, Physical and Mechanical Properties of Chitosan-Based Films Incorporated with Thyme, Clove and Cinnamon Essential Oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 727-743.

- Hong K., Xie J., Zhang L., Sun D. ve Gong D., 2012. Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Guava (*Psidium guajava L.*) Fruit During Cold Storage. *Scientia Horticulturea.*, 144: 172-178.
- Jang S.A. ve Shin Y.J. & Song K.B., 2011. Effect of Rapeseed Protein-Gelatin Film Containing Grapefruit Seed Extract on 'Maehjang' Strawberry Quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 620-625.
- Jiang Y. ve Li Y., 2001. Effect of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Longan Fruit. *Food Chemistry*, 73: 139-143.
- Kanatt R.S. ve Chander R.& Sharma A., 2010. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Pomegranate Peel Extract Improves the Shelf Life of Chicken Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 216-222.
- Karagözlü C.(b.t.). 15 Kasım 2012, http://agr.ege.edu.tr/sutteknolojisi/Ders_Notlari/Tekstur_Analizi.pdf.
- 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.
- Kester J.J. ve Fennema O.R., 1986. Edible Films and Coatings: A Review. *Food Technol.*, 40 (12): 47-58.
- Kong M., Chen Xi G., Xing Ke ve Park H.J., 2010. Antimicrobial Properties of Chitosan and Mode of Action: A State of the Art Review. *International Journal of Food Microbiology*, 144: 51-63.
- Krochta J.M., 1997. *Edible Protein Films and Coatings*. In: Damodaran S. ve Paraf A.,(Ed.) Food Proteins and Their Applications. New York: Marcel Dekker Inc. 529-549.
- Krochta J.M. ve De Mulder-Johnson C., 1997. Edible and Biodegradable Polymer Film: Challenges and Opportunities, *Food Technol.*, 51: 61-74.
- Leerahawong A., Tanaka M., Okazaki E. ve Osako K., 2012. Stability of the Physical Properties of Plasticized Edible Films from Squid (*Todarodes pacificus*) Mantl Muscle During Storage. *Journal of Food Science*, 77 (6): 159-165.

- Li H., Wang X., Li P., Li Y. ve Wang H., 2008. Comparative Study of Antioxidant Activity of Grape (*Vitis Vinifera*) Seed Powder Assessed by Different Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 16 (6): 67-73.
- Lin D. ve Zhao Y., 2007. Innovations in the Development and Applications of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6: 60-75.
- Luksiene Z. ve Paskeviciute E., 2011. Novel Approach to the Microbial Decontamination of Strawberries: Chlorophyllin-Based Photosensitization. *Journal of Applied Microbiology*, 110: 1274-1283.
- Mangaraj S., Goswami T.K. ve Mahajan P.V., 2009. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Eng. Rev.*, 1: 133- 158.
- Marathe R., 2008. Development of Controlled Release Antimicrobial Films from Low Methoxyl Pectin, (Yüksek Lisans Tezi). The State University of New Jersey, New Brunswick, New Jersey.
- Martínez-Camacho A.P., Cortez-Rocha M.O., Ezquerra-Brauer J.M., Graciano-Verdugo A.Z., Rodriguez-Félix F., Castillo-Ortega M.M., Yépiz-Gómez M.S. ve Plascencia Jatomea M., 2010. Chitosan Composite Films: Thermal, Structural, Mechanical and Antifungal Properties. *Carbohydrate Polymers*, 82: 305-315.
- Mastromatteo M., Conte A. ve Del Nobile M.A., 2010. Combined Use of Modified Atmosphere Packaging and Natural Compounds for Food Preservations. *Food Eng Rev.*, 2: 28-38.
- McHugh T.H., 2000. Protein-Lipid Interactions in Edible Films and Coatings. *Nahrung*, 44 (3): 148-151.
- Mielnik M.B., Olsen E., Vogt G., Adeline D. ve Skrede G., 2006. Grape Seed Extract As Antioxidant in Cooked, Cold Stored Turkey Meat. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 39: 191-198.
- Mistry Y., 2006. Development of LDPE-Based Antimicrobial Films for Food Packaging, (Yüksek Lisans Tezi). Victoria University, Australia.

- Moriera M. R., Ponce A., Valle C.E. ve Roura S.I., 2009. Edible Coatings on Fresh Squash Slices: Effect of Film Drying Temperature on The Nutritional and Microbiological Quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 226-236.
- Moriera M. R., Roura S.I. ve Ponce A., 2011. Effectiveness of Chitosan Edible Coatings to Improve Microbiological and Sensory Quality of Fresh-Cut Broccoli. *Food Science and Technology*, 44: 2335-2341.
- Naveena M. B., Sen R. A., Kingsly P. R., Singh B. D. ve Kondaiah N., 2008. Antioxidant Activity of Pomegranate Rind Powder Extract in Cooked Chicken Patties. *International Journal of Food Science and Technol.*, 43: 1807-1812.
- Nielsen T. ve Leufvén A., 2008. The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Honeoye and Korona Strawberries. *Food Chemistry*, 107: 1053-1063.
- Nizamliölu M.N. ve Nas S., 2010. Meyve ve Sebzelelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1): 20-35.
- No H.K., Meyers S.P., Prinyawiatkul W. ve Xu Z., 2007. Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review. *Journal Of Food Science*, 72 (5): 87-99.
- Ojagh A.M., Rezaei M., Razavi S.H. ve Hosseini S.M.H., 2010. Effect of Chitosan Coatings Enriched with Cinnamon Oil on the Quality of Refrigerated Rainbow Trout. *Food Chemistry*, 120: 193-198.
- Olivas G. veBarbosa-Canovas G., 2009. *Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables*. In: Embuscado M. ve Huber K.(ed). Edible films and coatings for food applications. New York: Springer. 211–238p.
- Oms-Oliu G., Rojas-Graü M.A., Gonzalez L.A., Varela P., Soliva-Fortuny R., Hernando M.I.H., Munuera I.P., Fiszman S. ve Martín-Belloso O., 2010. Recent Approaches Using Chemical Treatments to Preserve Quality of Fresh-Cut Fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 57: 139-148.
- Özdemir A.E., Çandır E., Dündar Ö. ve Dilbaz R., 2009. Üreticiden Tüketicie Ulaşımca Kadar Geçen Süreçte Elmalardaki Kayıplar ve Önleme Yolları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1): 165-168.

- Padgett T., Han I.Y. ve Dawson P.L., 2000. Effect of Lauric Acid Addition on the Antimicrobial Efficacy and Water Permeability of Corn Zein Films Containing Nisin. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24: 423-432.
- Park S., Stan S.D., Daeschel M.A. ve Zhao Y., 2005. Antifungal Coatings on Fresh Strawberries (*Fragaria × ananassa*) to Control Mold Growth During Cold Storage. *Food Microbiology and Safety*, 70 (4): 202-207.
- Peng X., Ma J., Cheng Ka-W., Jiang Y., Chen F. ve Wang M., 2010. The Effects of Grape Seed Extract Fortification on the Antioxidant Activity and Quality Attributes of Bread. *Food Chemistry*, 119: 49-53.
- Peniche C., Argüelles-Monal W. ve Goycoolea F.M., 2008. *Chitin and Chitosan: Major Sources, Properties and Applications*. In: Belgacem N. ve Gandini A., Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources, Elsevier, Amsterdam, 517-542.
- Perdones A., Sánchez-González L., Chiralt A. ve Vargas M., 2012. Effect of Chitosan-Lemon Essential Oil Coatings on Storage-Keeping Quality of Strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 70: 32-41.
- Perumalla A.V.S. ve Hettiarachchy N.S., 2011. Green Tea and Grape Seed Extracts-Potential Applications in Food Safety and Quality. *Food Research International*, 44: 827-839.
- Pranoto Y., Rakshit S.K. ve Salokhe V.M., 2005. Enhancing Antimicrobial Activity of Chitosan Films by Incorporating Garlic oil, Potassium Sorbate and Nisin. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, 38: 859-865.
- Qi H., Hu W., Jiang A., Tian M. ve Li Y., 2011. Extending Shelf-Life of Fresh-Cut ‘Fuji’ Apples with Chitosan-Coatings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12: 62-66.
- Qu W., Breksa A.P., Pan Z. ve Ma H., 2012. Quantative Determination of Major Polyphenol Constituents in Pomegranate Products. *Food Chemistry*, 132: 1585-1591.
- Ragaert P., Verbeke W., Devlieghere F. ve Debevere J., 2004. Consumer Perception and Choice of Minimally Processed Vegetables and Packaged Fruits. *Food Quality and Preference*, 15: 259-270.

- Ravi Kumar M.N.V., 2000. A Review of Chitin and Chitosan Applications. *Reactive & Functional Polymers*, 46: 1-27.
- Rubilar J.F., Cruz R.M.S., Silva H.D., Vicente A.A., Khmelinskii I. ve Vieira M.C., 2012. Physico-Mechanical Properties of Chitosan Films with Carvacrol and Grape Seed Extract. *Journal of Food Engineering*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.009>, In press.
- Russell N.J. ve Gould G.W., 2003. *Food Preservatives* (2nd ed.). Spring Street, New York.
- Sandhya, 2010. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. *Food Science and Technology*, 43: 381-392.
- Sarıkuş G., 2006. Farklı Antimikrobiyal Maddeler İçeren Yenilebilir Film Üretimi ve Kaşar Peynirinin Muhafazasında Mikrobiyal İnaktivasyona Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, ISPARTA.
- Simões A.D.N., Tudela J.A., Allende A., Puschmann R. ve Gil M. I., 2009. Edible Coatings Containing Chitosan and Moderate Modified Atmospheres Maintain Quality and Enhance Phytochemicals of Carrot Sticks. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 364-370.
- Sivarrooban T., Hettiarachchy N.S. ve Johnson M.G., 2008. Physical and Antimicrobial Properties of Grape Seed Extract, Nisin, and EDTA Incorporated Soy Protein Edible Films. *Food Research International*, 41: 781-785.
- Sivertsvik M., Rosnes J.T. ve Bergslin H., 2002. *Modified Atmosphere Packaging*. In: T. Ohlsson and N. Bengtsson Minimal Processing Technologies in the Food Industry. CRC Press Boca Raton Boston New York Washington, DC, 61-86.
- Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F. ve Aguilera J.M., (n.d.). Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, 10 Ekim 2012, http://intrawww.ing.puc.cl/siding/datos/public_files/profes/fpedreschi_GTSNWOE_WJOGDA/Food%20Hydrocolloid%20Edible%20Films%20and%20Coatings.pdf.
- Sobrino-López A. ve Martín-Belloso O., 2008. Use of Nisin and Other Bacteriocins for Preservations of Dairy Products. *International Dairy Journal*, 18: 329-343.

- Soliva-Fortuny R.C., Elez-Martínez P. ve Martín-Belloso O., 2004. Microbiological and Biochemical Stability of Fresh-Cut Apples Preserved by Modified Atmosphere Packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 5: 215-224.
- Spaziani M., Del Torre M. ve Stecchini M.L., 2009. Changes of Physicochemical, Microbiological, and Textural Properties During Ripening of Italian Low-Acid Sausages. Proteolysis, Sensory and Volatile Profiles. *Meat Sci.*, 81(1): 77-85.
- Swiderski F., Russel S., Waszkiewicz-Robak B. ve Choleswinska E., 1997. Evaluation of Vacuum-Packaged Poultry Meat and its Products. *Rocz Panstw Zakl Hig.*, 48:193-200.
- Tanada-Palmu P.S. ve Grosso C.R.F., 2005. Effect of Edible Wheat Gluten-Based Films and Coatings on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 199-208.
- Toivonen P.M.A. ve Brummell D.A., 2008. Biochemical Bases of Appearance and Texture Changes in Fresh-Cut Fruit and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 1-14.
- Türe H., Eroğlu E., Soyer F. ve Özen B., 2008. Antifungal Activity of Biopolymers Containing Natamycin and Rosemary Extract Against *Aspergillus niger* and *Penicillium roqueforti*. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 2026-2032.
- Vachon C., D'Aprano G., Lacroix M. ve Letendre M., 2003. Effect of Edible Coating Process and Irradiation Treatment of Strawberry *Fragaria spp.* On Storage-keeping Quality. *Food Microbiology and Safety*, 68 (2): 608-612.
- Valerie T., Michael E., Mislivec P.B., Koch H.A. ve Bandler R., 2001. Bacteriological Analytical Manuel Chapter 18, *Yeasts, Molds and Mycotoxins, FDA*.
- Valencia-Chamorro S.A., Palou L., Del Río M.A. ve Pérez-Gago 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.
- Vargas M., Albors A., Chiralt A. ve González-Martínez C., 2006. Quality of Cold-Stored As Affected by Chitosan-Oleic Acid Edible Coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 164-171.

- Villanueva M.J., Tenorio M.D., Sagardoy M., Redondo A. ve Saco M.D., 2005. Physical, Chemical, Histological and Microbiological Changes in Fresh Green Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Stored in Modified Atmosphere Packaging. *Food Chemistry*, 91: 609-619.
- Vu K.D., Hollingsworth R.G., Leroux E., Salmieri S. ve 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.
- Waimaleongora-Ek P., Corredor A.J.H., No H.K., Prinyawiwatkul W., King J.M., Janes M.E. ve Sathivel S., 2008. Selected Quality Characteristic of Fresh-Cut Sweet Potatoes Coated with Chitosan During 17-Day Refrigerated Storage. *Journal of Food Science*, 73 (8): 418-423.
- Wang S.Y. ve Gao H., 2012. Effect of Chitosan-Based Edible Coating on Antioxidants, Antioxidant Enzyme System, and Postharvest Fruit Quality of Strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Science and Technology*, 1-9.
- Xing Y., Li X., Xu Q., Jiang Y., Yun J. ve 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* Gaerth). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 684-689.
- Xing Y., Li X., Xu Q., Yun J., Lu Y. ve Tang Y., 2011. Effects of Chitosan Coating Enriched with Cinnamon Oil on Qualitative Properties of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 124: 1443-1450.
- Xu W., Huang K., Guo F., Qu W., Yang J., Liang Z. ve Luo Y., 2007. Postharvest Grapefruit Seed Extract and Chitosan Treatments of Table Grapes to Control *Botrytis cineria*. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 86-94.
- Yalçın F. ve Yener G., 2007. Development of Antimicrobial Protective Food Coating Materials from Edible Alginate Films, (Yüksek Lisans Tezi), İzmir Institute of Technology, İZMİR.
- Yılmaz L. ve Kurdal E., 2005. Peynir Muhafazasında Kullanılan Doğal Bir Antimikrobiyal: Natamisin. *Gıda*, 30 (6): 385-388.

Zhang M., Xiao G. ve Salokhe M.V., 2006. Preservation of Strawberries by Modified Atmosphere Packages with Other Treatments. *Packaging Technology and Science* 19: 183-191.

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 1.1. Çileğin 100 g da bulunan besin değeri miktarı.....	4
Çizelge 1.2. Bazı meyvelerde kaplama uygulamalarına örnekler.....	8
Çizelge 1.3. Bazı sentetik polimerlerin ve yenilebilir film/kaplamaların (25±2°C de % 50-70 RH) geçirgenliklerinin karşılaştırılması.....	9
Çizelge 1.4. Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında çalışılan hidrokolloidler.....	11
Çizelge 1.5. Gıda ambalajlamada kullanılan tipik antimikrobiyal ajanlara örnekler.....	17
Çizelge 1.6. Yenilebilir film ve kaplamalardaki farklı bileşenlerin aktif paket/saket olarak kullanımı.....	19
Çizelge 4.1. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin pH sı üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.2. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin suda çözünür kuru madde (briks) üzerine etkisi.....	39
Çizelge 4.3. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin su aktivitesi üzerine etkisi.....	41
Çizelge 4.4. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin L^* değeri üzerine etkisi.....	45
Çizelge 4.5. Farklı kaplama uygulamalarının depolama boyunca çileklerin a^* değeri üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.6. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde koliform bakteri sayısı (logkob/g).....	56
Çizelge 4.7. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde aerobik-mezofilik bakteri sayısı (logkob/g).....	58
Çizelge 4.8. Farklı kaplama materyalleriyle kaplanan çileklerin çeşitli depolama günlerinde maya-küf sayısı (logkob/g).....	60

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1.1. Kitinden kitosan eldesi.....	14
Şekil 1.2. Nisin yapısı.....	20
Şekil 1.3. Natamisin kimyasal yapısı.....	21
Şekil 1.4. Gallik asit ve Elagallik asit kimyasal yapısı.....	22
Şekil 4.1. Farklı kaplama uygulamalarının çileklerin ambalaj içi gaz konsantrasyonuna etkisi A) O ₂ B) CO ₂	43
Şekil 4.2. Farklı kaplama uygulamalarının tekstür profil parametreleri üzerine etkisi.....	54
Şekil 4.3. (A) 33. günde kontrol ve farklı kaplama uygulanan çileklerin görünümü (B) 38. günde kontrol ve farklı kaplama uygulanan çileklerin görünümü.....	64

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Merve DURAN

Doğum Yeri: ÇANAKKALE

Doğum Tarihi: 27.05.1987

EĞİTİM DURUMU

- 2006-2010 : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Lisans
- 2010-2013 : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans