

Atf İçin: Berber E, Akın M, 2021. Yenilebilir Kaplama Filmlerinin Oluşturulması ve Karakterizasyonu: Portakal ve Limon Meyvelerinde Uygulanması. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3): 2041-2050

To Cite: Berber E, Akın M, 2021. Creation and Characterization of Edible Coating Films: Application on Orange and Lemon Fruits. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(3): 2041-2050

Yenilebilir Kaplama Filmlerinin Oluşturulması ve Karakterizasyonu: Portakal ve Limon Meyvelerinde Uygulanması

Emre BERBER, Mustafa AKIN*

ÖZET: Bu araştırmada limon ve portakal meyvelerinin yenilebilir kaplamalar ile raf ömürlerinin değişimi incelenmiştir. Çalışmada karnauba vaks bazlı, karnauba vaks-şellak bazlı ve şellak bazlı üç farklı türde dört farklı kaplama formüle edilerek meyvelere uygulanmıştır. Kaplamalar oluşturulurken manyetik karıştırma hızı 400 rpm'de ve sıcaklık 85°C'de tutulmuştur. Kaplamaların sudaki çözünürlükleri, nem içerikleri ve disk difüzyon yöntemi ile antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan kaplamalar meyvelere kaplanarak fiziksel ve kimyasal analizler uygulanmıştır. Meyveler 12 gün boyunca +4 °C buzdolabında ve oda koşullarında gözlemlenmiştir. Kaplamaların nem içerikleri, sudaki çözünürlükleri, anti-mikrobiyal aktiviteleri ve kütle kaybı analizleri yapılmıştır. Formül 1,2 ve 3 ile oluşturulan kaplamaların sudaki çözünürlüklerinin, Formül 4 ile oluşturulan kaplamalara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hem buzdolabı hem de oda sıcaklığında gözlemlenen, kaplama yapılmış meyvelerde en iyi sonuçlar Formül 1 ile elde edilmiştir. Oluşturulan kaplamalar hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Meyve kaplama, kütle kaybı, şellak, karnauba vaks, narenciye

Creation and Characterization of Edible Coating Films: Application on Orange and Lemon Fruits

ABSTRACT: In this study, the variation of the shelf life of lemon and orange fruits with edible coatings was investigated. In the study, four different coatings were created with three different type ingredients as carnauba wax-based, carnauba wax-shellac-based and shellac-based and applied to fruits. While the preparation of coatings, the magnetic stirring speed was kept at 400 rpm and the temperature were kept at 85 ° C. The water solubility and moisture content of created formulations were investigated. Antimicrobial activities of the coatings were investigated by disk diffusion method. The coatings prepared within the scope of the study were coated on the fruits and physical and chemical analyzes were applied. Fruits were observed for 12 days at +4 ° C refrigerator and room conditions. It has been determined that the solubility of the coatings formed by Formula 1, 2 and 3 in water is lower than the coatings formed by Formula 4. It has been determined that coatings formed with formulas containing carnauba wax have lower water solubility than dry films formed with formulas containing shellac. The best results were obtained with Formula 1 in coated fruits, observed at both refrigerator and room temperature. The coatings formed have been found to have antimicrobial activity against both gram positive and gram negative bacterias.

Keywords: Fruit coating, weight loss, shellac, carnauba wax, citrus

Emre BERBER ([Orcid ID: 0000-0001-8631-2088](https://orcid.org/0000-0001-8631-2088)), Mustafa AKIN* ([Orcid ID: 0000-0003-4268-6891](https://orcid.org/0000-0003-4268-6891)), Petro Yağ Kimyasallar ve San. Tic. A.Ş, KOCAELİ, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa AKIN, e-mail: m.akin6781@gmail.com

GİRİŞ

İnsan nüfusunun artışıyla birlikte, dünya üzerinde besin ihtiyacı da artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak ancak büyük ölçekli tarım arazilerinin işlenmesi ile mümkündür. Türkiye’de sebze ekim alanı 814 bin hektardır. Dünya’da ekili sebze alanı içerisindeki payı %1.39 olarak belirlenmiştir. Sebze ekili alandan ortalama 30.8 milyon ton ürün hasat edilmekte olup, bu üretim kapasitesiyle Dünya’da %2.8’lik bir pay ile 4. sırada yer almaktadır. Yaş meyve sektöründe Türkiye toplamda 1.3 milyon hektarlık bir alanda üretim gerçekleştirmektedir. Bu alanda 23.1 milyon ton üretim yapılmakta ve Türkiye’nin Dünya’da ilk 20 ülke içerisinde yer almasına katkı sağlamaktadır (Hızal ve Karlı, 2020). Üretilen meyve ve sebzelerin hasadı gerçekleştiikten sonra ürünlerin tamamı tüketici ile buluşturulamayacağı için depolama ihtiyacı da doğmuştur. Portakalların depolama şartları 5-7 °C sıcaklık, % 5-10 O₂ oranı, % 0-5 CO₂ oranı ve %90-98 nem oranı olduğu ve limonlar için 7-10 °C sıcaklık, % 5-10 O₂ oranı, % 0-10 CO₂ oranı ve %90-98 nem oranı olduğu ticari olarak depoculuk yapan firmalar tarafından beyan edilmiştir (Reuther W. ve ark 1989) Meyveler, depolanan ortamda bulunan mikroorganizmalar ile teması halinde çürüme ve bozulmalara sebep olmaktadır. Hasattan sonra taze meyve ve sebze ürünlerinde pazarlama mesafelerini ve bekletme sürelerini uzatmak için çok sayıda depolama yöntemi geliştirilmiştir. Ne yazık ki, hasat edilen taze meyve ve sebzelerin % 25-80’inin bozulma sonucu çöpe atıldığı tahmin edilmektedir (Marmur ve ark., 2012). Yenilebilir kaplamalar ile meyvelerin kaplanması, hasattan sonra raf ömrünü uzatma yöntemlerinden bir tanesidir. Bu tür kaplamalar, gazlara ve su buharına yarı geçirgen bir bariyer sağlayan, taze ürünün tüm yüzey alanını saran yenilebilir malzemelerden yapılmıştır. Meyveler yenilebilir kaplamalar veya paketleme gibi materyaller ile kaplanarak atmosfer ile meyve yüzeyleri arasında bariyer oluşturulmaktadır. Bu kaplamalar bazı durumlarda meyvenin gaz alışverişini engelleyerek kötü tat oluşumuna neden olmaktadır (Bai ve ark., 2002). Bir meyve türü için geliştirilen kaplamalar ve ambalajlar bir başkası için uygun olmayabilir. Balmumu emülsiyonları narenciyelerde su kaybını, büzüşmeyi ve çekmeyi azaltır. Kaplamadan önce birçok uygulamada meyveler, toz, kum ve diğer kirleri temizlemek için +4 °C su ile yıkanarak fiziksel kalite kusurlarını bertaraf etmiştir. Bu yıkama, gıdaların doğal mum kaplamasını etkilemez (Cemeroğlu, 2011).

Elma ve mangolarda görüldüğü gibi meyvelerin yüzeyleri yenilebilir kaplama ile kaplandığında parlak olması beklenir (Álvaro ve ark., 2010). Son derece parlak yüzeylere sahip meyveler, yenilebilir kaplamalar ile kaplandığında meyvenin kendine özgü parlaklığını iyileştiremez. Hatta birçok uygulamada meyvenin kendine özgü parlaklığı azalır. Ancak bilindiği üzere görsellik, çekiciliği sağlayan dolayısı ile tüketicinin tercihlerini etkileyen bir özelliktir (Hagenmaier ve Baker, 1995; Baldwin ve ark., 1995; Ward ve Nussinovitch, 1997) Örneğin balmumu-ksantan ve balmumu- keçiyoynuzu sakızı kombinasyonlarına dayanan kaplamalar bazı tür narenciye çeşitlerinde kütle kaybı, CO₂ birikimi ve duyuşal değerlendirme açısından olumlu olsa da parlaklık açısından hiçbir avantaj sunmamıştır (Chen ve Nussinovitch, 2000).

Yapılan çalışmada tarım ürünlerinde hasat sonrası meydana gelen hasarlara bağlı oluşan zedelenme, renk değişimi, mikrobiyal kontaminasyon sonrası oluşan çürüme gibi istenmeyen durumların önüne geçmek ve ürünün müşteriye ulaşana kadar geçen sürede yapısında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişikliklerin azaltılması için şellak, karnauba vaks ve emülgatör sistemleri ile kaplama solüsyonları hazırlanmıştır. Oluşturulan kaplama solüsyonları ile limon ve portakal meyveleri ambalajlanarak oda sıcaklığı ve buzdolabı depolama şartlarında bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyaller

Çalışmada kullanılmak üzere portakal ve limon meyveleri, yerel marketlerden her birinden 5 kg olacak şekilde tedarik edildi. Karnaubas vaks (FONCEPI firmasının üretimini yaptığı T3 tipi), şellak (DOLKEM), morfolin (ACAR Kimya), amonyak, oleik asit (POLİVİN Kimya) hammaddeleri belirtilen firmalardan tedarik edildi. Kullanılan diğer bütün kimyasallar analitik saflıkta ürünlerdir ve MERCK firmasından tedarik edildi.

Kaplama emülsiyonlarında, alkali çözeltiler ve yağ asitleri ile oluşturulan yüzey aktif emülgatör sistemleri ile vakslar muamele edilerek süspansiyon elde etmek için kullanıldı. Buradan yola çıkarak amonyak ve NaOH ile alkali çözeltiler oluşturuldu. Alkali çözeltiler, formüllerdeki bitkisel kaynaklı yağ asitleri ile karıştırılarak sabunlaştırıldı. Karnaubas vaksı, Copernica Cerifera adı verilen bir palmye ağacının yapraklarından elde edilen bitkisel kaynaklı bir reçinedir. Karnaubas vaksları gıdalarda koruyucu tabaka oluşturur ve parlaklık verir. Gliserin polar organik bir trihidroksi alkoldür. Gıdalar da su aktivitesi değerinin düşürülmesinde etkilidir. Morfolin hem amin hem de eter fonksiyonel gruplarına sahip bazik bir maddedir.

Bitkisel kaynaklı yağ asitlerini alkali çözeltiler ile muamele edildi ve sabunlaştırma yöntemi ile kaplama emülsiyonları elde edildi. Farklı yapıda amin fonksiyonel grubuna sahip hammaddeler farklı emülsiyon tipi sergilemektedir. Alkali çözeltileri oluşturan maddelerin kimyasal yapıları farklıdır. Bu sebeple oluşturdukları emülsiyon tipi aynı değildir. Kaplamalar oluşturulurken vaksların erimesi için 85 °C'ye ısıtıldı. Bu bağlam da kaynama noktası değeri, alkali çözeltinin verimi açısından önemlidir.

Kaplama Emülsiyonlarının Oluşturulması

Karnaubas vaks bazlı emülsiyonların hazırlanması

Çizelge 1'de verilen Formül 1 ve Formül 2 oluşturulurken, karnaubas vaksı 85 °C'ye ısıtılıp ortama emülgatör ve alkali eklendi, homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırıldı. Daha sonra 85 °C'ye ısıtılan su ortama eklendi ve ısıtıcı kapatıldı. Karışımın sıcaklığı 50 °C'ye gelene kadar 400 rpm'de karıştırma işlemine devam edildi.

Çizelge 1. Karnaubas vaks bazlı emülsiyon formülleri

Hammaddeler (gr)	Formül 1	Formül 2
Karnaubas Vaks	20-25	15-20
Oleik Asit	0-3	0-2
Amonyak %25	*	1
Su	50-80	60-90
Morfolin	0-10	*
Gliserin	*	5
NaOH %25	*	1

*: Formüle belirtilen hammaddenin eklenmediğini belirtir.

Karnaubas vaks – şellak bazlı emülsiyonların hazırlanması

Karnaubas vaks-şellak bazlı emülsiyonların prosesi, karnaubas vaks emülsiyonları hazırlanırken uygulanan proses ile aynıdır. Karnaubas vaks ve şellak 85 °C de eritildikten sonra oleik asit, polisorbata 20, gliserin ve NaOH eklendi. 85 °C'ye ısıtılan su ortama eklendikten sonra emülsiyon 400 rpm'de karıştırılarak 50 °C'ye soğutuldu. Sistem soğuduktan sonra amonyak ve etanol eklendi, karıştırıldı ve proses sonlandırıldı (Çizelge 2). Kaplamalar oluşturulurken ısıya maruz bırakıldığı için herhangi bir mum kalıntısı oluşmadı.

Çizelge 2. Karnauba vaks- şellak bazlı emülsiyon formülleri

Hammaddeler (gr)	Formül 3
Karnauba Vaks	0-20
Oleik Asit	0-5
Amonyak % 25	0-2
Su	50-70
Gliserin	6.5
Polisorbat 20	1
Şellak	0-10
Etanol	12.5
NaOH %20	1

Şellak bazlı emülsiyonların hazırlanması

Formülasyon hazırlanırken öncelikle şellak bir behere alındı ve 85 °C'ye ısıtıldı. Tamamen eridikten sonra üzerine gliserin ve polisorbat 20 eklendi ve iyice karıştırıldı. Daha sonra 85 °C'ye ısıtılmış su eklendi karışımın sıcaklığı 50 °C'ye soğutuldu, ortama morfolin ve etanol eklenerek tamamen eriyik, homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırıldı (Çizelge 3).

Çizelge 3. Şellak bazlı emülsiyon formülleri

Hammaddeler (gr)	Formül 4
Şellak	0-20
Gliserin	0-5
Polisorbat 20	0-5
Etanol	20-50
Su	56
Morfolin	0-10

Depolama ve Analizler

Meyve ve sebzelerin doğal ya da sentetik bir tabaka ile kaplanarak havada asılı bulunan mikroorganizmalar ile temasının kesilmesi çürümelerini önleyerek, raf ömrünü uzatabilmektedir, aynı zamanda su aktivitesi değerinin düşmesini önleyerek depolama sürelerini uzatabilmektedir. Ayrıca parlak malzemeler ile oluşturulan kaplamalar meyve ve sebzelerin görünümünü değiştirerek albenilerini artırmaktadır (Nussinovitch, 2009). Çalışma kapsamında portakal ve limon meyvelerinin çürümelerini önlemek, depolama sürelerini uzatmak amacı ile hazırlanan kaplamaların meyveler üzerine bazı fiziksel ve kimyasal etkileri incelendi. Kaplama uygulanan meyveler farklı ortamlarda kalite analizlerine tabi tutuldu. Her bir meyveden 10'ar adet kaplama yapılarak buzdolabı ve oda şartlarında depolanarak parametreleri izlendi.

Kaplamaların nem içeriklerinin belirlenmesi

100 ml kaplama petri kaplarına alındı. Daha sonra oda sıcaklığında 3 gün bekletilerek yapıdaki suyun uzaklaşması ve kaplamaların oluşması sağlandı, ağırlıkları tartıldı. Formül içeriğindeki katı maddelerin ağırlıkları hesaplanarak oluşan kaplamalardaki kuru madde ağırlığı belirlendi. Nemi uçurulan kaplamalardan kuru madde ağırlıkları çıkartıldı. Elde edilen bu değer nem içeriği olarak kabul edildi ve daha sonra kaplamanın toplam ağırlığına bölünerek nem yüzdesi 100 ile çarpılarak hesaplandı (Ward ve Nussinovitch, 1997).

Kaplamaların sudaki çözünürlüklerinin belirlenmesi

Kaplama çözünürlüğü Chiumarelli ve Hubinger (2014) tarafından açıklanan metodolojiye göre belirlendi. Hazırlanan kaplamalardan 2 cm çapında üç disk kesildi, tartıldı ve 50 ml damıtılmış suya daldırıldı. 24 saat boyunca 25 °C’de çalkalamalı su banyosunda periyodik olarak çalkalandı. Çalkalama işleminden sonra kaplamalar sudan alınarak oda sıcaklığında 24 saat kurutularak tekrar tartım alındı, sudaki % çözünürlükleri hesaplandı.

Meyvelerin kaplanması

Kaplama formülleri hazırlandıktan sonra deneylere başlanana dek +4°C’de bekletildi. Alınan meyveler yıkanarak üzerinde bulunan tozlar ya da yabancı maddeler uzaklaştırıldı. Meyveler tek tek çürük ezik veya leke kontrolü yapılarak uygun olmayanlar ayrıldı. Kaplama formülleri sprey kabına alınarak püskürtme yöntemi ile her bir meyveye yaklaşık 5gr ürün püskürtülerek kaplamalar yapıldı. Kaplama işleminin hemen ardından fön makinesi ile yaklaşık olarak 5 dakika kurutma yapıldı (Chiumarelli ve Hubinger, 2014). Çalışma kapsamında oluşturulan dört farklı kaplama ajanı her meyveye uygulandı aynı zamanda birer adet kaplanmamış meyve kontrol olarak izlendi. Çalışmada limon ve portakal meyveleri kullanılmış ve her bir kaplanmış meyve ve kontroller buzdolabında +4°C’de ve oda sıcaklığında 12 gün boyunca depolanarak gözlemlendi.

Kütle kaybı ölçümleri

Kaplama ve kurutma işlemi tamamlanan meyvelerin tartımları alındı ve sonra depolama koşullarında saklandı. Depolama testi boyunca 2, 4, 6, 8, 10 ve 12. günlerde meyvelerin tartımları alınarak fiziksel değerlendirmeleri yapıldı (Velickova ve ark., 2013).

Antimikrobiyal aktivite

Hazırlanan kaplamaların antimikrobiyal aktivitesi, disk difüzyon yöntemi kullanılarak *E. coli* (ATCC 25922) ve *S. aureus* (ATCC 25923) mikroorganizmalara karşı araştırıldı (Saki ve ark., 2018). Bakteriyel kültürler, Mueller-Hinton Broth (MHB) ortamında, gece boyunca 37 °C de inkübe edildi. 5 ml saflaştırılmış su ile karıştırılıp ve spektrofotometrik olarak 0.5 McFarland standartlarına (1.5×10^8 CFU ml⁻¹ bakteri) ayarlandı. Steril swab kullanılarak tüplerden alınan kültürler, Mueller Hinton agar içeren petri kabına inoküle edildi. Kaplama çözeltileri, 50 mg ml⁻¹ (Etanolde) nihai konsantrasyona ayarlandı. İki diske ayrı ayrı 20 ml ve 10 ml hazırlanmış solüsyon emdirildi ve inoküle agara yerleştirildi. Boş diskler, negatif kontrol olarak etanol (her boş disk için 20 µl) ile emdirilirken, seftriakson (30 mg disk⁻¹) pozitif referans standartları olarak kullanıldı. Son olarak, 37 °C’de 24 saat inkübatörde inkübe edilen petri kapları ve antimikrobiyal aktiviteler, test organizmalarına karşı inhibisyon bölgesi ölçülerek değerlendirildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kaplamaların Nem İçeriklerinin Belirlenmesi

Hazırlanan kaplamaların nem içeriği, özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Kaplama ajanlarının nem içerikleri çizelge 4’te verilmiştir. Amonyak kullanımı soğuk üretim yapılan prosesler de tamamen sabunlaşmadığı için bir miktarı serbest halde kalarak kokuya sebep olmaktadır ancak bu yöntem ile üretilen kaplamalar ısıya maruz kaldığı için herhangi bir koku problemi oluşmamıştır. Karnauba vaks, şellak ve karnauba vaks-şellak içeren formüllerin nem içerikleri karşılaştırıldığında, önemli ölçüde birbirinden farklı olmadığı görülmüştür. Kaplamaların % nem içerikleri 19-28.96 aralığında değişim göstermiştir. Kaplamaların nem içerikleri kaplanan meyveyi taze tutmaya yetecek oranda olmasına rağmen aynı zamanda mikrobiyal üremeye de elverişlidir. Ward ve Nussinovitch (1997), yaptıkları çalışmada hidrokolloid polimerler ve gamlardan elde ettikleri yenilebilir filmlerin

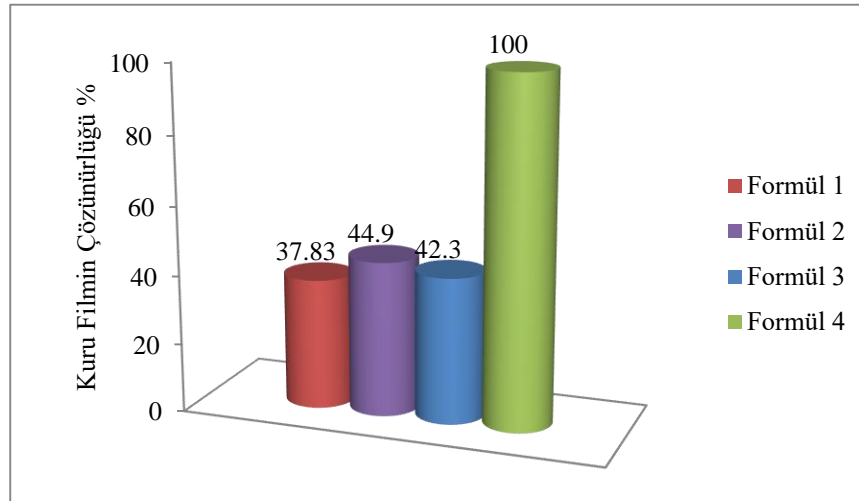
yapılarındaki nem değerlerinin %3.4 – 26.4 aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise gliserin ve karnauba vaks içeren kaplamaların su buharı dirençleri incelenmiş ve formüllerde karnauba vaksı %0.38'in üzerinde kullanıldığında su buharı direncinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Chiumarelli ve Hubinger, 2013). Hem lipit hem de hidrokolloid bileşenlerin avantajlarını birleştirmek için kompozit filmler ve kaplamalar geliştirilmiştir. Kompozit filmler, çift katmanlı veya stabil emülsiyonlar olarak üretilebilir. İki tabakalı kompozit filmlerde lipit, polisakkarit veya protein tabakası üzerinde ikinci bir tabaka oluşturur. Emülsiyon kompozit filmlerde, yağ asitleri dağılır ve protein veya polisakkaritin destekleyici matrisinde hapsedilir (Pe´rez-Gago ve Krochta, 2005).

Çizelge 4. Filmlerinin nem içerikleri

Formüller	Film Ağırlığı (gr)	Film Nemi (%)
Formül 1	1.05	28.96
Formül 2	1.05	22
Formül 3	1.28	19.69
Formül 4	0.58	19

Kaplamalar ile Oluşturulan Filmlerin Sudaki Çözünürlüklerinin Belirlenmesi

Şekil 1’de verilen grafikte Formül 4 ile elde edilen numunenin su içinde %100 çözüldüğü tespit edilmiştir. Diğer formüllerin çözünürlükleri Formül 1, Formül 2, Formül 3 sırası ile %37.8; 44.9; 42.3 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ışığında karnauba vaks içeren formüllerin sudaki çözünürlüklerinin (F1,2,3) şellak bazlı formüle (F4) kıyasla çok daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durum karnauba vaks yapısının non-polar lipit ve yağ asitlerinden oluşması ile açıklanabilir (Kocak ve Bal, 2016).

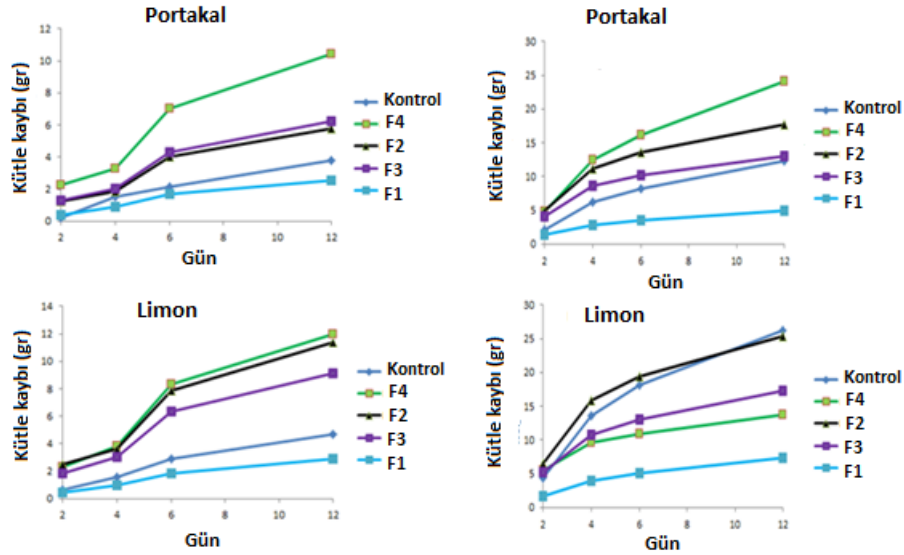


Şekil 1. Kaplamaların sudaki çözünürlükleri.

Kütle Kaybı Ölçümleri

Yenilebilir ambalaj solüsyonları ile kaplanan meyveler farklı şartlarda depolanarak kütle kayıplarına olan etki incelenmiştir. Kütle kaybına göre buzdolabında saklanan meyveler, oda sıcaklığında saklanan meyvelere göre daha az kütle kaybetmiştir. Hem buzdolabında hem de oda sıcaklığında depolanan meyvelerde en iyi koruma Formül 1 ile elde edilmiştir (Şekil 2). Oda sıcaklığında depolanan portakallarda 12. günün sonunda en yüksek kütle kaybı Formül 4 ile kaplananda görülmüştür (23.12 ± 0.14). İkinci sırada Formül 2 ile kaplanan portakallar yer almıştır. En iyi koruma karnauba vaks içeren Formül 1 ile elde edilmiştir (4.1 ± 0.13). Buzdolabında depolanan portakallarda ise kaplamalardan, F1 formülü en iyi korumayı sağlarken (Kütle kaybı 1.8 ± 0.03), en yüksek kütle kaybı

Formül 4 ile kaplanan portakallarda görülmüştür (11.34 ± 1.02). Literatürde de yapılan birçok çalışmada kaplama yapılan meyvelerin, hasat sonrası ve depolama süresince kütlelerindeki kaybı azalttığı ortaya konmuştur (Akbulut ve Özcan, 1997; Akbudak ve ark., 2002; Yaman ve Bayındırlı., 2002; Certel ve ark., 2004; Sabır ve Açar., 2008).



Şekil 2. Buzdolabı (sol) ve oda sıcaklığında (sağ) depolanan limon ve portakallara ait kütle kaybı grafiği

Limonlara uygulanan depolama testlerinde ise portakallarda olduğu gibi buzdolabında depolanan meyvelerdeki kütle kaybı oda sıcaklığında depolananlara oranla daha az olmuştur. Hem buzdolabı hem de oda koşullarındaki depolama şartlarında en iyi koruma Formül 1 ile elde edilmiştir. Buzdolabında 12 gün boyunca muhafaza edilen limon numunelerinden kaplama yapılmayanların (kontrol) kütle kaybını önlemedeki başarısı, kaplama yapılanlara göre genel olarak daha üstün iken, oda sıcaklığında muhafaza edilen numunelerden kaplama yapılanların kütle kaybını önlemedeki başarısı kontrole göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir. İki farklı sıcaklıkta (buzdolabı ve oda sıcaklığı) muhafaza edilen meyvelerde (limon, portakal) meydana gelen değişimler gözlemlenmiştir. Genel olarak incelendiğinde, buzdolabı sıcaklığında depolanan numunelerin oda sıcaklığındakilere göre görsel açıdan albenisinin yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 3).

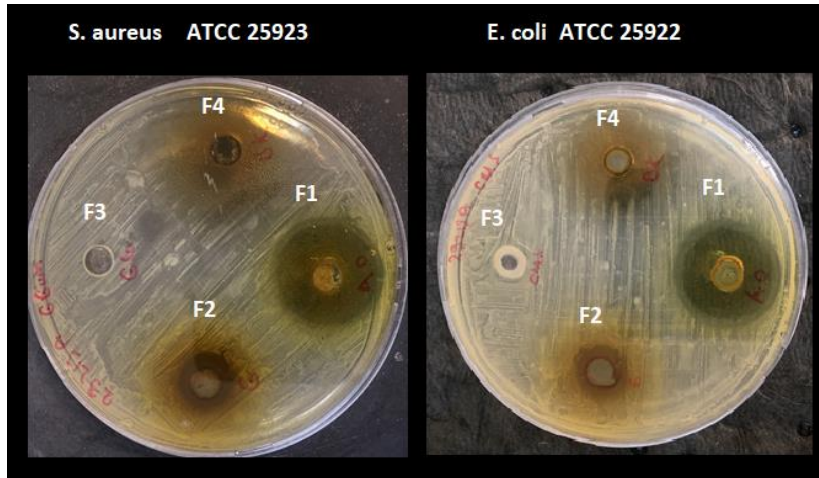
Renk, meyve kalitesinin kabulünde en önemli faktörlerden biridir. Doğal polimer bazlı yenilebilir kaplamalar, meyve ve sebzelerdeki bozulmaya bağlı renk değişimini geciktirebilmekte ve ürünün görünümünü iyileştirebilmektedir (Azeredo ve ark 2012).

Antimikrobiyal Aktivite

Hazırlanan yenilebilir kaplamaların antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Hem gram negatif (*E. Coli*) hem de gram pozitif (*S. Aureus*) mikroorganizmalarına karşı Formül 1 ve Formül 2 inhibisyon aktivitesi göstermiştir. Formül 3 ise herhangi bir aktivite göstermemiştir. Formül 1 *E. coli* üzerine 22 ± 1.16 mm, *S. aureus* üzerine ise 20 ± 0.65 mm inhibisyon alanı oluşturmuştur. Formül 2 ise *E. coli* türüne karşı 6 ± 0.91 mm ve *S. aureus* türüne karşı 9 ± 1.04 mm alan oluşturmuştur. Formül 4 ise test edilen iki bakteri türüne karşı da 13 ± 1.42 mm inhibisyon alanı oluşturmuştur (Şekil 4). Hazırlanan formüllerin *E. coli*'ye karşı oluşturdukları inhibisyon alanları büyükten küçüğe; F1>F4>F2 dır, *S. Aureus*'a karşı oluşturdukları inhibisyon alanları ise büyükten küçüğe; F1>F2 dir F3 ve F4 inhibisyon aktivitesi oluşturmamıştır.



Şekil 3. Depolama süresinin sonunda meyvelerin görünüşünde meydana gelen değişimler



Şekil 4. Yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi

Lee ve ark. (2012), yağdan arındırılmış hardaldan geliştirdikleri ve gıdalara kaplama olarak uygulanan *L. monocytogenes*'in büyümesini kontrol etmek için kullanılabilen antimikrobiyal yenilebilir bir film üretmiştir. Ayrıca, yenilebilir filmlere dahil edilebilecek bazı yenilebilir kaplamaların veya farklı antifungal bileşiklerin, soğutulmuş depolama sırasında farklı meyve ve sebzeleri korumada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Mehyar ve diğerleri, 2011; Valencia-Chamorro ve diğerleri, 2009, 2010).

SONUÇ

Bu çalışmada formüle edilen kaplamalar ile kaplanan meyvelerin tazeliğini korumaya yetecek seviyede nem içeriği olduğu görülmüştür. Çalışmaya konu olan kapama filmleri bitkisel kaynaklı yenilebilir olarak liteatürde geçen diğer kaplama filmlerinin benzerleri olarak formüle edilmiştir. Kuru filmlerin suda çözünürlüğün de en iyi çözünme Formül 4 ile elde edilirken, diğer formüllerin suda

kısmen çözüldüğü saptanmıştır. Formül 4 ile kaplanan meyvelerde hem oda sıcaklığında hem de buzdolabında izlenen depolama şartlarında, oda sıcaklığında gözlemlenen limon hariç, en yüksek kütle kaybı görülmüştür. Oda sıcaklığında Formül 2 ile kaplanan ve kaplama yapılmayan (kontrol) limonlarda en yüksek kütle kaybı görülmüştür. En iyi koruma ise Formül 1 ile elde edilmiştir. Morfolin içeren formülasyonlar Formül 1 ve Formül 4 gıda kaynaklı bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Karnaubas vaks oranı yüksek olan Formül 1 ile kaplanan limon ve portakallarda özellikle oda sıcaklığındaki depolamalarda kaplamaların etkili olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Petro Yağ ve Kimyasallar Tic. A.Ş tarafından “PY17007-1605” nolu proje ile desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Akbudak B, Eriş A, Tezcan H, Karabulut ÖA, 2002. Kiraz muhafazasında farklı uygulamaların kalite ve fungal hastalıklar üzerine etkisi. II. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 24-27 Eylül 2002, Çanakkale.
- Akbulut M, Özcan M, 1997. Kirazlarda farklı ambalaj tiplerinin muhafaza süre ve kaliteleri üzerine etkileri. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, 21-24 Ekim 1997, Yalova,
- Álvaro ML, Miguel AC, Bartolomeu WSS, Ed CM, José AT, Renato AM, António AV, 2010. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas transfer rate. *Journal of Food Engineering*, 97 (1): 101–109.
- Azeredo HM, Miranda KW, Ribeiro HL, Rosa MF, Nascimento DM, 2012. Nanoreinforced alginate–acerola puree coatings on acerola fruits. *Journal of Food Engineering*, 113: 505–510.
- Bai J, Hagenmaier RD, Baldwin EA, 2003. Coating selection for ‘Delicious’ and other apples. *Postharvest Biology and Technology*, 28 (3): 381–390.
- Certel M, Uslu MK, Özdemir F, 2004. Effects of sodium caseinate and milk protein concentrate-based edible coatings on the postharvest quality of bing cherries. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 84 (10): 1229-1234.
- Cemeroğlu, B.S. 2011. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. Nobel Yayınevi 1.cilt s.250-315 Ankara-Türkiye.
- Chen S, Nussinovitch A, 2000. Galactomannans in disturbances of structured wax–hydrocolloid-based coatings of citrus fruit (easy-peelers). *Food Hydrocolloids*, 14 (6): 561–568.
- Chiumarelli M, Hubinger MD, 2014. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, 38: 20–27.
- Hızal T, Karlı B, 2020. Örtüaltı sebze üretiminde üreticilerin tohum tercihini etkileyen faktörlerin belirlenmesi: Antalya ili örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 5 (3): 383–93.
- Kocak H, Bal E, 2016. Hasat Sonrası UV-C ve Yenilebilir Yüzey Kaplama Uygulamalarının Kiraz Meyve Kalitesi ile Muhafaza Süresi Üzerine Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4 (1): 79-88.
- Lee HB, Noh BS, Min SC, 2012. *Listeria monocytogenes* inhibition by defatted mustard meal- based edible films. *International Journal of Food Microbiology*, 153: 99 –105.
- Marmur T, Elkind Y, Nussinovitch A, 2013. Increase in gloss of coated red peppers by different brushing procedures. *LWT- Food Science and Technology*, 51 (2): 531–536.

- Mehyar GF, Al-Qadiri HM, Abu-Blan HA, Swanson BG, 2011. Antifungal effectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers, and tomatoes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 76: M210–7.
- Nussinovitch A, 2009. CHAPTER 10 - Biopolymer Films and Composite Coatings. Academic Press, pp.295–326 Cambridge-Massachusetts.
- Pe´rez-Gago MB, Krochta JM, 2005. Emulsion and bi-layer edible films. In: Han, J.H. (Ed.), *Innovations in Food Packaging*. Elsevier, pp.362383 London-England.
- Reuther W, Calavan EC, 1989. *The citrus Industry*. University of California Division of Agricultural and Natural Resources United States-America.
- Sabır FK, Açar İT, 2008. Farklı özelliklere sahip modifiye atmosfer poşetlerde muhafazasının 0900 ziraat çeşidinde muhafaza süresi ve kalite üzerine etkileri. *Bahçe Ürünlerinde IV. Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 8-11 Ekim 2008, Antalya-Türkiye
- Saki N, Akin M, Atsay A, Karaoglu HRP, Kocak MB, 2018. Synthesis and Characterization of Novel Quaternized 2,3-(Diethylmethylamino)Phenoxy Tetrasubstituted Indium and Gallium Phthalocyanines and Comparison of Their Antimicrobial and Antioxidant Properties with Different Phthalocyanines. *Inorganic Chemistry Communications*, 95: 122–129.
- Valencia-Chamorro SA, Perez-Gago MB, Del Rio MA, Palou L, 2009. Curative and preventive activity of hydroxypropyl methylcellulose- lipid edible composite coatings containing antifungal food additives to control citrus postharvest green and blue molds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 2770–7.
- Valencia-Chamorro SA, Perez-Gago MB, Del Rio MA, Palou L, 2010. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose- lipid edible composite coatings on *Penicillium* decay development and postharvest quality of cold- stored ‘Ortanique’ mandarins. *Journal of Food Science*, 75: S418–26.
- Velickova E, Winkelhausen E, Kuzmanova S, Alves VD, Moldão-Martins M, 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT- Food Science and Technology*, 52 (2): 80–92.
- Ward G, Nussinovitch A, 1997. Characterizing the gloss properties of hydrocolloid films. *Food Hydrocolloids*, 11 (4): 357–365.
- Yaman O, Bayındırlı L, 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT Food Science and Technology*, 35 (2): 146-150.