



Application of Plant-Based Edible Film and Coatings for Minimally Processed Fruits and Vegetables

Ali Kozlu^{1,a}, Yeşim Elmacı^{1,b,*}

¹Food Engineering Department, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova/İzmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 08/05/2019 Accepted : 01/07/2019</p> <p>Keywords: Edible film coating Fruit Vegetable Active component Shelf life</p>	<p>Today's consumers prefer foods with high nutritional value, functional properties and long shelf life. Particularly, interest in fresh fruits and vegetables, which are ready for consumption due to their healthy and nutritious nature, is increasing. However, biological activities such as respiration and transpiration cause loss of water and soluble substances in fruits and vegetables and change the gas concentration in the environment during storage and this situation greatly affects critical quality parameters such as mass loss, nutritional value and shelf life. Minimal processing, such as peeling, cutting or shredding increases the surface area of fresh fruits and vegetables, reduces the shelf life by triggering a variety of enzymatic reactions. The edible film coating is a novel packaging method that is natural, environmental friendly, economic and easily applicable. This innovative technique can be used to produce a product that is closest to fresh fruits and vegetables, maintain the desired quality characteristics, control microbiological spoilage and extend the shelf life. In addition, the use of plant-based materials in film coating applied to minimally processed fruits and vegetables attracts the consumers and increases the confidence in products. In this review, the information about the current applications of edible coating to the minimally processed fruits and vegetables and the effect of this application on some physical, chemical, sensory and microbial changes occurring in the products during the storage period has been presented.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(9): 1387-1396, 2019

Bitkisel Kaynaklı Yenilebilir Film ve Kaplamaların Minimal İşlem Görmüş Meyve ve Sebzelere Uygulanması

MAKALEBİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 08/05/2019 Kabul : 01/07/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yenilebilir film kaplama Meyve Sebze Aktif bileşen Raf ömrü</p>	<p>Günümüz tüketicileri değişen yaşam tarzı ile birlikte besin değeri yüksek, fonksiyonel özellikleri iyileştirilmiş ve raf ömrü uzun gıdalara yönelmektedir. Minimal işlem görmüş taze meyve ve sebzelere olan ilgi sağlıklı, besleyici ve tüketime hazır olmaları nedeniyle artmaktadır. Ancak hasat sonrası devam eden solunum, terleme gibi biyolojik faaliyetler depolama boyunca meyve ve sebzelerde su ve çözünen madde kaybına yol açmakta, ortamdaki gaz konsantrasyonunu değiştirmekte, bu durum kütle kaybı, besin değeri ve raf ömrü gibi kritik kalite parametrelerini büyük ölçüde etkilemektedir. Parçalama, kesme veya kabuk soyma gibi küçük ölçekli işlemler meyve ve sebzelerin yüzey alanını arttırdığı için çeşitli enzimatik reaksiyonları tetiklemekte dolayısıyla raf ömrünü azaltmaktadır. Taze meyve ve sebze en yakın kalitede bir ürün üretmek, istenen kalite özelliklerini korumak, mikrobiyolojik bozulmaları kontrol altına almak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılan inovatif yöntemler arasında doğal, çevre dostu, ekonomik ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle “yenilebilir film ve kaplamalar” ön plana çıkmaktadır. Ayrıca minimal işlenmiş meyve ve sebzelere uygulanan bu tip kaplamaların formülasyonlarında bitkisel kaynaklı materyallerin de kullanılması tüketicilerin ilgisini çekmekte ve ürünlere olan güveni arttırmaktadır. Bu derlemede, sürekli artan tüketici taleplerini karşılayacak yeni bir gıda ambalajlama yöntemi olan bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamaların minimal işlem görmüş taze meyve ve sebzelere uygulanması ve depolama süresince ürünlere meydana gelen bazı fiziksel, kimyasal, duyu ve mikrobiyal değişimlere olan etkisi hakkında bilgi verilmiştir.</p>

^a alikoazu92@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-3924-0031> | yesim.elmaci@ege.edu.tr

^c <https://orcid.org/0000-0001-7164-838X>



Giriş

Meyve ve sebzeler insan sağlığı ve beslenmesi üzerinde önemli bir rol oynayan, özellikle diyetle birlikte alındıklarında vücutta birçok metabolik faaliyette görevli vitamin, mineral ve diyet lifi gibi bileşenleri içeren temel besin grupları arasında yer almaktadır (Wargovich, 2000). Çeşitli kanser türlerinin ve bazı dejeneratif hastalıkların önlenmesiyle ilişkili antioksidan özellikte pek çok yararlı bileşiği içermesi meyve ve sebzelere olan ilgiyi gün geçtikçe arttırmaktadır (Ncama ve ark., 2018). Ancak meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra da solunum ile canlılık aktivitelerini devam ettirmekte, bu süreçte bitkiden ayrıldıkları ve artık yapısal yenilenme sağlayamadıkları için bünyelerinde barındırdıkları karbonhidrat, protein, yağ ve organik asit gibi maddeleri kullanmaktadır (Wills ve Gording, 2016). Bu durum zamanla renk, aroma, tat ve sertlik gibi duysal özelliklerde istenmeyen değişikliklere, ağırlık ve besin değeri kayıplarına yol açmaktadır (Nunes ve Emond, 2007). Dolayısıyla hasat sonrası meyve ve sebzelerde meydana gelen biyolojik aktivitelerin mümkün olduğunca önlenmesi gerekmektedir.

Meyve ve sebzelerin işlenmesinde genellikle kabuk soyma, kesme, dilimleme, taneleme gibi küçük çaplı prosesler gerçekleşmektedir. Böylece “taze kesilmiş (fresh-cut)” veya “tüketime hazır (ready to eat)” formdaki ürünler, tüketim için bir ön hazırlık gereksizdir tüketicilere sunulabilmektedir (Siddiqui ve Rehman, 2015; Lin ve Zhao, 2007).

Minimal işlem görmüş meyve-sebze teknolojisinde taze ürüne en yakın formun sağlanması ve bu yapının uzun süre korunması istenmektedir. Bu nedenle enzimatik reaksiyonların yavaşlatılması ve mikrobiyolojik aktivitenin inhibe edilmesi amaçlanmaktadır (Lin ve Zhao, 2007). İşlem görmüş ürünlerin raf ömrünü fizyolojik, biyolojik ve genetik iç faktörler ve/veya sıcaklık, nem, kimyasal uygulamalar gibi dış faktörler etkileyebilmektedir (Hodges ve Toivonen, 2008). Taze meyve ve sebzeler herhangi bir prosese maruz kalmadıkları sürece ağırlıkça yaklaşık %80-90 oranında nem içermekte, bu da toplam kütlede çoğunluğuna karşılık gelmektedir (Dhall, 2013). Meyve ve sebzelerin değeri ağırlığın korunması ile ilişkilendirilmekte, dolayısıyla gerçekleşen kütle kaybı uzun vadede ekonomik problemleri de beraberinde getirmektedir (Del-Valle ve ark., 2005; Sogvar ve ark., 2016). Ayrıca nem kaybindan kaynaklanan fizyolojik değişiklikler hasat sonrası meyve ve sebzelerin besin kalitesini düşürmekte ve insan sağlığı üzerine olan olumlu etkisini de azaltmaktadır (Lin ve Zhao, 2007; Vargas ve ark., 2008).

Proses boyunca meydana gelebilecek besin değeri kayıplarının engellenmesi, müşteri taleplerinin karşılanması ve raf ömrünün artırılması amacıyla kaplama, modifiye veya kontrollü atmosfer paketlenme, kimyasal uygulamalar, UV ışınlama, düşük sıcaklıkta depolama gibi farklı pek çok yöntem geliştirilmiştir (Kader ve Rolle, 2004; Yousuf ve ark., 2017).

Yenilebilir film ve kaplamalar, işlenmiş meyve ve sebzelerde depolama boyunca ürün ağırlığının, duysal niteliklerin ve besin değerinin minimum kayıpla korunması amacıyla kullanılmaktadır (Suput ve ark., 2015). Kaplama materyali olarak protein, polisakkarit gibi hidrokolloidlerden, lipitlerden ve/veya bunların karışımı

olan kompozitlerden yararlanılmaktadır (Shit ve Shah, 2014). Kaplama ile ürünlerde aşırı olgunlaşmanın ve yaşlanmanın geciktirilmesi için minimal değişime izin veren yarı geçirgen ince bir tabaka oluşturulmakta böylece ürün kalitesini azaltacak anaerobik şartlardan kaçınılmaktadır. Söz konusu uygulama ile iç ve dış ortamdaki nem, çözünen madde ve gaz değişimi düzenlenmektedir (Ncama ve ark., 2018). Ayrıca film formülasyonuna ilave edilen bazı aktif bileşenler sayesinde kaplamaların fonksiyonel özellikleri iyileştirilmektedir (Yousuf ve ark., 2017).

Bu çalışmada hasat sonrası minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerin raf ömrünü arttırmak, duysal özelliklerini geliştirmek ve mikrobiyal yükünü azaltmak amacıyla kullanılan bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamaların elde edildiği materyaller, güncel uygulamaları ve söz konusu ürünlerde depolama süresince meydana gelen kalite değişimlerine olan etkisi konu başlıklarının derlenmesi amaçlanmıştır.

Bitkisel Kaynaklı Yenilebilir Film Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak amacıyla doğal kaynaklı, ince bir tabaka halinde ürün yüzeyine uygulanan, çevre dostu ambalajlama yöntemlerinden biridir. Etkili konsantrasyonlarda kullanıldığında ürünlerin kalite özelliklerini geliştiren, gıda ile birlikte tüketildiğinde insan sağlığı için olumsuz bir etki yaratmayan uygulamalardır (Enbuscado ve Huber, 2009; Kore ve ark. 2017). Yenilebilir film ve yenilebilir kaplama arasında uygulama olarak bir fark bulunmaktadır. Yenilebilir filmler gıdalardan ayrı bir şekilde hazırlanmakta ve katı bir tabaka halinde ürünlere uygulanmaktadır. Yenilebilir kaplamalar ise daldırma, püskürtme, dökme veya boyama gibi yöntemlerle gıdanın yüzeyinde veya bileşenleri arasında oluşturulmakta ve kurumaya bırakılmaktadır (Suput ve ark., 2015). Hayvansal kaynaklı materyallerin geçirgen olmayan doğal mumsu yapısı, yarattığı alerjik durumlar veya tüketicilerin dini inançları nedeniyle yenilebilir kaplamalarda kullanımı sınırlıdır (Shiekh ve ark., 2013). Ancak antioksidan ve antimikrobiyal madde açısından zengin meyve, sebze veya baharat gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen bileşenlerin kullanıldığı kaplamalar daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Hashemi ve ark., 2017; Nawab ve ark., 2017).

Bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamalar, ürün yüzeyinde bir film tabakası oluşturabilen polisakkaritler, proteinler ve lipit bileşikler gibi biyopolimer maddelerden üretilmektedir. Bu maddeler su, alkol veya bazı organik çözücülerle karıştırılarak hazırlanmakta, tek başlarına veya birlikte gıdalara uygulanabilmektedir (Suput ve ark., 2015). Ayrıca film çözeltisindeki bulanıklığın giderilmesi, transparan bir görüntü elde edilmesi amacıyla gliserol, sorbitol gibi plastikleştiricilerden, filmin fonksiyonel niteliklerini geliştirmek için esmerleşme önleyici ajanlar, aromalar, antioksidan, antimikrobiyal ya da renklendirici maddelerden yararlanılmaktadır. Polisakkarit, protein veya lipid bazlı bitkisel yenilebilir kaplamalar gaz, su buharı ve çözünebilir madde transferinin engellenmesi için bir direnç oluşturmakta ve ürünlerin raf ömrünü geliştirmektedir.

Polisakkarit Bazlı Yenilebilir Kaplamalar

Polisakkaritlerin kullanıldığı yenilebilir film kaplamalar hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek su buharı geçirgenliği göstermektedir. Ancak söz konusu kaplamalar gaz transferine karşı gösterdikleri bariyer özellikleri sayesinde anaerobik ortam yaratmadan istenilen atmosfer koşullarını sağlamakta böylece ürünlerin raf ömrünü arttırmaktadır (Yang ve Paulson, 2000). Yapısal olarak dayanıklı olan polisakkarit kaplamalar ürünleri darbelere karşı koruyarak mekanik bir direnç sağlamaktadır. Polisakkaritler çeşitli nişasta, pektin, selüloz, aljinat, karragenan, gam (zamk) gibi bitkisel kökenli maddeleri içermektedir. Yağlı olmayan bir görünüme ve düşük kalori içeriğine sahip, renksiz yapıda olan bu biyopolimerler genellikle dehidrasyonu, yüzeyde oluşan kararmayı ve oksidatif bozulmayı azaltarak meyve ve sebzelerin raf ömrünü geliştirmektedir (Azarakhsh ve ark., 2014; Chiumarelli ve Hubinger, 2014; Hassan ve ark., 2018).

Nişasta bazlı film kaplamalar genellikle düşük maaliyetli, renksiz ve kokusuz olmaları nedeniyle tercih edilmektedir (Müller ve ark., 2009). Nişasta kaplamaların en büyük avantajı oksijen ve karbondioksit geçişini sınırlamasıdır. Ancak nem transferini önlemede zayıf bir etkisi vardır. Tapyoka bitkisinden elde edilen nişasta, yenilebilir kaplama olarak bal kabağına uygulandığında örneklerde karotenid miktarı kaybını önemli ölçüde engellediği saptanmıştır (Genevois ve ark., 2016). Brüksel lahanasında ağırlık kaybı, yumuşama ve ürün yüzeyindeki arzu edilmeyen renk değişimleri de uygulanan başka bir nişasta kaplama ile azaltılmıştır (Vina ve ark., 2007). İki farklı plastikleştirici (sorbitol, gliserol) içeren mango çekirdeği nişastası bazlı kaplamalar domateslere uygulandığında kaplanan tüm örneklerde ağırlık kaybı, çözünür madde miktarındaki dengesiz dağılım, askorbik asit miktarındaki azalma, aşırı olgunlaşma ve sertlik kaybının engellendiği belirlenmiştir. Duyusal olarak da sorbitol ve gliserolün birlikte kullanıldığı örneklerde aroma, renk ve doku özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür (Nawab ve ark., 2017).

Bitkilerin hücre duvarlarında doğal olarak bulunan ve karmaşık yapılı bir polisakkarit grubu olan pektinler galakturonik asit zincirlerinden oluşmaktadır. Hücrenin iç yapısını sağlamlaştıran maddeler olarak da görev yapan pektinler belirli koşullar altında jel oluşturmakta bu sayede jöle, reçel, marmelat, şekerleme yapımında ve yenilebilir film kaplama materyali olarak kullanılmaktadır (Espita ve ark., 2014). Avokadolarla pektin bazlı kaplamaların uygulandığı bir çalışmada solunum hızının azaldığı, yumuşama, nem ve ağırlık kaybının geciktiği ve istenen renk özelliklerinin korunduğu belirlenmiştir (Maftoonazad ve ark., 2008). Pektin kaplamanın mangoları uygulanması ile fizyolojik bozulmaların engellendiği (Moalemiyan ve ark., 2011), taze kesilmiş armut dilimlerinde ise duysal özelliklerin 14 güne kadar korunduğu bildirilmiştir (Oms-Oliu ve ark., 2008).

Selüloz bitkilerde hücre yapısının büyük bir kısmını oluşturan ve doğada en sık bulunan polisakkarittir. Yenilebilir film kaplamalar için su ya da alkolde çözünmeyen selüloz yerine suda çözünür ve esnek olması nedeniyle metil selüloz (MC), hidroksipropil metil selüloz (HPMC) ve karboksimetil selüloz (CMC) gibi selüloz türevleri kullanılmaktadır. Selüloz bazlı bir film kaplama ile elma ve patateslerde ağırlık kaybı ve kararmasının geciktirildiği ve raf ömrünün geliştirildiği saptanmıştır

(Baldwin ve ark., 1996). HPMC bazlı bir kaplama uygulanmış Cherry domateslerde kabuk rengi ve sertliğin korunduğu, solunum hızının yavaşladığı ve duysal özelliklerin geliştiği saptanırken (Fagundes ve ark., 2015), üzümlere uygulanan karvakrol ilaveli HPMC kaplama ile kontrol örneklerine kıyasla yüksek antimikrobiyal aktivite ve maya ve küf sayısında bir azalma sağlanmıştır (Giray ve ark., 2017).

Aljinatlar kahverengi deniz yosunu türlerinden ekstrakte edilen suda çözünen, toksik etkisi olmayan, düşük maaliyetli, biyo-parçalanabilir ve biyo-uyumlu polisakkaritler olup daha çok lipid ve oksijen bariyeri olarak kullanılmaktadır (Vu ve Won, 2013). Bamya ve dilimlenmiş elmalar ile yapılan çalışmalarda, kaplanmış örneklerde kütle kaybı, yumuşama ve kararmasının engellendiği belirtilmiştir (Olivas ve ark., 2007; Gundewadi ve ark., 2018), eriklere uygulanan aljinat kaplamanın özellikle %3'lük konsantrasyonda etilen üretimini önemli ölçüde yavaşlattığı bildirilmiştir (Valero ve ark., 2013).

Kırmızı deniz yosunlarının bazı türlerinden elde edilen karragenanlar ise aljinatlar gibi hidrokolloid sınıfında yer almakta ve gıda endüstrisinde kıvam artırıcı, inceltici, jelleştirici, emülgatör ve kaplama materyali olarak kullanılmaktadır (Tavassoli-Kafrani ve ark. 2017). Papaya ve dilimlenmiş muz örnekleri ile yapılan çalışmalarda söz konusu kaplamanın yumuşama ve ağırlık kaybını geciktirdiği, renk değerlerini daha uzun süre koruduğu, muzlarda toplam fenolik madde miktarında minimum değişkenlik gösterdiği saptanmıştır (Hamzah ve ark., 2013; Bico ve ark., 2009). Kaplanmış elmaların renk değerlerinin korunduğu, duysal olarak pozitif sonuçlar elde edildiği, mezofilik ve psikrotrof mikroorganizmaların gelişiminin inhibe edildiği belirlenmiştir (Lee ve ark., 2003).

Fesleğen tohumu, aloe vera, keçiyoynuzu, kaktüs gibi bitkilerden ekstrakte edilen gamlar yenilebilir film kaplama materyali olarak minimum işlem görmüş meyve ve sebzelerde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Hashemi ve ark., 2017; Rojas-Argudo ve ark., 2009). Domateslere uygulanan gam arabik kaplama ile örneklerde solunum hızı, etilen üretimi ve kütle kaybının geciktirildiği belirtilmiş, antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarının korunduğu saptanmıştır (Ali ve ark., 2010). Bir çalışmada, kivilere aloe vera bazlı yenilebilir film kaplanmış ve dokusal özelliklerin kontrol örneğine kıyasla daha iyi korunduğu, solunum hızı ve mikrobiyal yükün azaldığı belirlenmiştir (Benitez ve ark., 2013).

Protein Bazlı Yenilebilir Kaplamalar

Protein film kaplamalar minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerde meydana gelen gaz, aroma ve lipid transferine karşı iyi bir bariyer özellik göstermektedir (Shit ve Shah, 2014; Suput ve ark., 2015). Hidrofilik yapıda olmaları su buharı geçişine karşı direnci düşürse de bu biyopolimerlerin kullanıldığı kaplamaların optik özellikleri güçlüdür (Yousuf ve ark. 2017). Genellikle yenilebilir film üretiminde uygulandıkları gıdaları besin değeri açısından zenginleştiren mısır zeini, buğday gluteni, yer fıstığı proteini, ayçiçeği proteini, soya proteini, bezelye proteini, pamuk tohumu proteini gibi bitkisel bazlı proteinler tercih edilmektedir. Bu tip proteinler ısı ile çeşitli asidik, bazik çözeltilerde veya alkol-su karışımlarında modifiye edilerek çözülmekte böylece film kaplamaların fonksiyonları geliştirilmektedir (Hassan ve ark., 2018).

Mısırdan elde edilen zein proteini yüksek oranda polar olmayan amino asit gruplarını içermekte ve bu nedenle doğada hidrofobik yapıda bulunmaktadır (Shukla ve Cheryan, 2001). Etanol-su karışımı ile ekstrakta edilebilen zein kurutulduktan sonra yenilebilir film kaplamalarda kullanılabilir (Gennadiosa ve ark., 1994; Dickey ve ark., 2002). Mısır öğütme prosesi yan ürünü olan zeinden hazırlanan filmler meyve ve sebzelerin yüzeyinde parlak ve dayanıklı bir tabaka oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Zein bazlı kaplamaların nem bariyeri özellikleri diğer protein kaplamalara göre daha kuvvetlidir. Ayrıca zein bazlı filmlerin kırılma yapısının giderilmesi ve esnekliğinin artırılması için formülasyonlarda plastikleştiricilerden, nem bariyeri özelliklerini geliştirmek amacıyla yağ asitlerinden yararlanılmaktadır (Hassan ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada, domateslere uygulanan zein ile kaplanmış örneklerde askorbik asit içeriğinin daha uzun süre muhaza edildiği ve duyu özelliklerinin korunduğu bildirilmiştir (Zapata ve ark., 2008).

Gluten, nişasta prosesinin bir yan ürünü olup, gliadin ve glutenin denilen iki ayrı proteinden oluşan kompleks bir proteindir (Angellier-Coussy ve ark., 2011). Gluten ile hazırlanan film kaplamalar oksijen, karbon dioksit ve etilen gibi gazların transferine karşı iyi bir direnç oluşturmaktadır (Yousuf ve ark., 2017). Gluten bazlı film kaplamalar daha çok ürün yüzeyinde homojen bir tabaka oluşturmaları, şeffaf yapıları ve mekanik olarak kuvvetli oluşları nedeniyle tercih edilmekte ve ürünlere iyi bir görünüş sunmaktadır. Ancak hidrofilik olmaları nedeniyle su buharı geçişine karşı zayıf bariyeri özellik göstermektedir (Hassan ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada, gluten bazlı kaplama ile çileklerin askorbik asit miktarının ve sertlik özelliklerinin korunduğu, ağırlık kaybının azaltıldığı, mikrobiyal yükün inhibe edildiği belirlenmiş ve görünüşte 9 güne kadar olumsuz bir değişiklik saptanmamıştır (Amal ve ark., 2010).

Genellikle yüksek besin değeri ile ön plana çıkan soya bazlı film kaplamalar nem kaybına karşı zayıf, oksijen geçişi için etkili bariyeri özellik göstermektedir. Lipit oksidasyonunu engellemek amacıyla tercih edilen soya proteini ile hazırlanan filmlerde genellikle soyanın izolat formu kullanılmaktadır. Bu tip filmlerin esnekliğini arttırmak, filmdeki yapışkanlığın ve kırılabilirliğini gidermek amacıyla plastikleştiricilerden yararlanılmaktadır (Hassan ve ark., 2018). Taze kesilmiş patlıcan dilimlerine uygulanan soya bazlı film kaplama ile enzimatik esmerleşmenin geciktirildiği, duyu özelliklerinin genel kabul edilebilirlikleri ve görsel özelliklerinin kontrol örneklerine göre daha uzun süre korunduğu belirlenmiştir (Ghidelli ve ark., 2014). Timol içeren soya proteini bazlı kaplamanın çileklere uygulandığı bir çalışmada, kontrol örneklerine kıyasla kaplanmış örneklerde toplam koloni, küf ve maya gelişiminin daha uzun süre inhibe edildiği, askorbik asit içeriğinin ve kroma değerinin daha uzun süre korunduğu saptanmıştır (Amal ve ark., 2010). Soya proteini bazlı film kaplamaların kullanıldığı başka bir çalışmada ise kaplanmış kivilerde meydana gelen aşırı olgunlaşma ve yumuşamanın geciktirildiği, çözülebilir pektin miktarının daha fazla korunduğu, peroksidaz enzim aktivitesi değerlerinin daha az değişkenlik gösterdiği ve depolama süresinin üç katına çıkarıldığı saptanmıştır (Xu ve ark., 2001).

Lipit Bazlı Yenilebilir Film Kaplamalar

Karnauba, Kandelilla, Ouricury, Japon mumu gibi doğal mumları, yağ asitlerini, bazı bitkisel ve uçucu yağları içeren lipitler düşük polariteye sahip olduklarından meyve ve sebzelere nem bariyeri olarak görev yapmaktadır (Rojas-Argudo ve ark., 2009). Özellikle mum kaplamalar lipit bazlı veya lipit olmayan diğer tüm kaplama materyallerine göre su buharı transferine daha çok direnç göstermektedir. Lipitler hidrofobik yapıları sayesinde minimal işlem görmüş meyve ve sebzelere dehidrasyonun yol açtığı ağırlık kaybını engellemekte, ürün yüzeyinde daha parlak ve pürüzsüz bir görünüm sağlamaktadır (Antunes ve ark., 2012; Yousuf ve ark., 2017). Ancak lipit bazlı film kaplamaların kalın ve kaygan olmaları, hidrofilik özellikteki gıdaların yüzeyine yapışmaları, mumsu yapıları ve istenmeyen acı tatları tüketiciler için sorun oluşturabilmektedir (Baldwin ve ark., 1995). Pek çok çalışmada biberiye yağı, tarçın yağı, fesleğen yağı, kekik yağı, bergamot yağı ve limon otu yağı gibi farklı kaynaklardan elde edilen lipitlerin diğer kaplama malzemeleri ile kombine edilerek kullanıldığı saptanmıştır (Chiabrando ve ark., 2017; Salvia-Trujillo ve ark., 2015; Choi ve ark., 2016; Giray ve ark., 2017; Gundewadi ve ark., 2018).

Kompozit Yenilebilir Film Kaplamalar

Kompozit film kaplamalar, protein, polisakkarit gibi hidrokolloidlerin ve lipitlerin bir kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır. Genellikle polisakkarit ve proteinler su kaybını önlemede düşük performans gösterse de yapısal olarak dirençli filmler oluşturmakta ve gaz bariyeri olarak kullanılmaktadır. Hidrofobik yapı lipitler ise iyi bir nem bariyeri oluşturmakta ancak gıda yüzeyine yapışmamakta, homojen ve stabil bir film yapısı göstermemektedir. Film formülasyonunda farklı bileşenleri bir karışım halinde kullanmak ortaya çıkan bu olumsuzlukların giderilmesi, sınırlı özelliklerin geliştirilmesi ve arzu edilen nitelikte kaplamaların oluşturulması adına önem taşımaktadır (Suput ve ark., 2015). Dilimlenmiş elmalara Karnauba mumu, nişasta ve gliserol ile formüle edilen kompozit bir kaplama uygulandığında yüksek gliserol içerikli kaplamaların elma dilimlerinde daha düşük bir solunum hızı ve iyi bir su buharı direnci sağladığı saptanmıştır (Chiumarelli ve Hubinger, 2014).

Aktif Bileşen İçeren Bitkisel Kaynaklı Yenilebilir Film Kaplamalar

Gıda ambalajlama endüstrisi gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla paketlemenin bilinen koruma özelliğinin yanında antimikrobiyal ve antioksidan aktivite gibi ek fonksiyonları da içeren yeni teknikler geliştirmektedir. Bu amaçla aktif bileşenlerin ambalaj materyalinin içine ve/veya üzerine ya da ürünün bulunduğu ambalaj ortamına ilave edildiği aktif paketleme uygulamaları ön plana çıkmaktadır (Robertson, 2013). Yenilebilir kaplamalar, gaz ve su buharı bariyerleri olarak hareket ederek minimal işlenmiş ürünlerin kritik kalite özelliklerini korumaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca aktif bileşenler, çeşitli işlevleri yerine getirmek için yenilebilir film kaplamalara dahil edilebilmektedir (Yousuf ve ark., 2017). Özellikle esmerleşme önleyici ajanlar ve antimikrobiyal maddelerin

ilave edildiği yenilebilir film kaplamaların işlenmiş meyve ve sebzeler için kullanımı üzerine literatürde pek çok çalışma yer almaktadır. Bu tip ürünlerin raf ömrünü arttırmak ve kalite özelliklerini korumak için çeşitli aktif bileşenlerin taşıyıcısı olarak görev yapan yenilebilir film

kaplama uygulamaları Çizelge 1’de listelenmektedir. Çizelge 1’den görüldüğü gibi aktif bileşen ilaveli bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamalar minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 1 Aktif bileşen içeren bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamaların minimal işlenmiş meyve ve sebzelere uygulandığı çalışmalar

Table 1 Studies on the application of edible film coatings containing active ingredient to minimally processed fruits and vegetables.

Kaplama materyali	Aktif bileşen	MİG	Kaynak
Polisakkaritler			
Aljinat kaplama ve elma püresi	Limon otu yağı, kekik yağı, vanilin ve N-asetil sistein	Elma	Rojas-Graü ve ark., (2007)
Aljinat	N-asetil sistein ve glutatyon	Armut	Oms-Oliu ve ark., (2008a)
Aljinat ve pektin	-	Kavun	Oms-Oliu ve ark., (2008b)
Aljinat	Malik asit, limon otu yağı, tarçın yağı ve palmarosa yağı	Kavun	Raybaudi-Massilia ve ark., (2008)
Aljinat	-	Ananas	Azarakhsh ve ark., (2012)
Aljinat	Limon otu yağı	Ananas	Azarakhsh ve ark., (2014)
Aljinat	Biberiye yağı ve tarçın yağı	Elma	Chiabrando ve Giacalone, (2015)
Aljinat	Sitral ve öjenol	Dağ çileği	Guerreiro ve ark., (2016)
Aloe vera	Askorbik asit ve sitrik asit	Nar taneleri	Martinez-Romero ve ark., (2013)
Aloe vera	-	Kivi	Benitez ve ark., (2013)
Aloe vera	Askorbik asit	Çilek	Sogvar ve ark., (2016)
CMC	Askorbik asit	Elma	Saba ve Sogvar, (2016)
Fesleğen tohumu gamı	Kekik yağı	Kayısı	Hashemi ve ark., (2017)
Gam Arabik	-	Domates	Ali ve ark., (2010).
Gam Arabik	Kekik yağı	Yeşil biber	Valiathan ve Athmaselvi, (2018)
HPMC	Bergamut yağı ve kekik yağı	Erik	Choi ve ark., (2016)
Kaktüs müsilağı	-	Çilek	Del-Valle ve ark., (2005)
Mango çekirdeği nişastası	-	Domates	Nawab ve ark., (2017).
Nişasta	Ayçiçek yağı	Brüksel lahanası	Vina ve ark., (2007)
Nişasta	Çörek otu yağı	Nar taneleri	Öz ve Ulukanlı, (2012)
Pektin	-	Havuç	Ranjitha ve ark., (2017)
Pektin ve aljinat	Sitral ve öjenol	Ahududu	Guerreiro ve ark., (2015).
Pektin ve aljinat	-	Yaban mersini	Mannozi ve ark., (2017)
Proteinler			
Gluten proteini ve soya proteini	Timol	Çilek	Amal ve ark., (2010)
Soya proteini	Malik asit	Kavun	Eswaranandam ve ark., (2006)
Soya proteini	Ferulik asit	Elma	Alves ve ark., (2017)
Lipitler			
Kandelilla mumu ve sorbitol	-	Brüksel Lahanası	Kowalczyk, 2011
Kandelilla mumu	Hindistan cevizi yağı	Çilek	Penarubia ve ark., (2014)
Kompozitler			
Bezelye proteini, Kandelilla mumu ve sorbitol	-	Brokoli	Kowalczyk, (2010)
CMC, kaju gamı ve gliserol	-	Guava	Forato ve ark., (2015)
CMC ve Kandelilla mumu	-	Armut	Kowalczyk ve ark., (2017)
Diğerleri			
Greyfurt çekirdeği ekstraktı	Sitrik asit	Salatalık	Xu ve ark., (2007)
Greyfurt çekirdeği ekstraktı	Bitkisel gliserin	Marul	Xu ve ark., (2007)
Moringa yaprak ekstraktı	CMC	Üzüm	Tesfay ve Magwaza, (2017)
Yeşil çay ekstraktı	-	Avokado	Martin-Diana ve ark., (2008)
Yeşil çay ekstraktı, deniz eriştəsi (<i>Posidonia oceanica</i>) ekstraktı	-	Marul	Piva ve ark., (2017)
		Şeftali	

MİG: Minimal İşlem Görmüş Meyve/Sebze

Meyve ve sebzeleri fiziksel ve kimyasal etkilerden koruyan, doğal bir bariyer görevi üstlenen epidermis tabakası işleme sırasında üründen uzaklaştırılmaktadır. Bu durum işlem görmemiş hallerine göre meyve ve sebzeleri bozulmaya daha yatkın hale getirmektedir. Yenilebilir film kaplamalar, ürünün raf ömrünü uzatan, gıdalarda patojenlerin büyüme riskini azaltan ve istenmeyen diğer değişiklikleri geciktiren aktif bileşenler için taşıyıcı görevi üstlenmektedir (Pranoto ve ark., 2005). Minimal işleme sırasında ya da hazırlık aşamasında meyve ve sebzelerin çoğu doğal korumalarını kaybettiklerinden genellikle mikrobiyal bozulmaya karşı yüksek hassasiyet göstermektedir. Kesme ve parçalama gibi işlemler sırasında oluşabilecek çapraz kontaminasyon ve patojenlerin saldırılarına karşı duyarlılığı arttıran hasarlı bitki dokusunun artışı da bu durumu hızlandırmaktadır. Düşük sıcaklıkta depolama, modifiye atmosfer paketlenme ve antimikrobiyal maddelerin uygulanması, taze kesilmiş meyvelerin yüzeyinde mikroorganizmaların büyümesini kontrol etmek amacıyla günümüzde kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Gıda antimikrobialleri, gıda matrisine dahil edildiklerinde mikrobiyal büyümeyi geciktirebilecek ya da mikrobiyal ölüme neden olabilecek kimyasal bileşikler olarak tanımlanmakta ve gıdalar için kullanılan bu bileşenler patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaları hedef almaktadır. Antimikrobiyal maddelerin gıda yüzeyine doğrudan uygulanması bu bileşiklerin hızlı bir şekilde nötralleşmesine veya difüzyonuna neden olabilmekte bu da gösterdikleri etkiyi sınırlayabilmektedir (Min ve Krochta, 2005). Aktif ambalajlama teknolojisini geliştirebilmek amacıyla organik asitler, yağ asidi esterleri, polipeptitler ve bitkisel esansiyel yağlar gibi antimikrobiyal ajanlar yenilebilir film kaplama formülasyonlarına dahil edilebilmektedir. Böylece bu maddelerin gıda yüzeyindeki etkin konsantrasyonları korunmakta ve mikroorganizmalara karşı inhibe edici etkileri geliştirilebilmektedir. Esmerleşme önleyici ajanlar ve antioksidanlar gibi diğer aktif bileşenler de yenilebilir kaplamalarda kullanılmaktadır. Enzimatik esmerleşme minimal işlem görmüş birçok ürünün raf ömrünü ve ticari olarak kabul edilebilirliğini sınırlayan en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir. Sebze ve meyvelerde yaygın olarak bulunan polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi enzimler meyve ve sebzelerin yapısında doğal olarak bulunan ve antioksidan özellik gösteren fenolik bileşikleri oksidasyona uğratarak ürünlerde esmerleşmeye yol açmaktadır. Bu durum ürünlerde arzu edilmeyen tat, koku ve renk değişimlerine neden olmakta ve ürünlerin besin değerini düşürmektedir (Yılmaz ve Elmacı, 2018). İşlem görmüş yüzeylerde esmerleşmenin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Enzimatik kararmanın geciktirilmesi amacıyla meyve ve sebzelerden elde edilen askorbik asit, sitrik asit ve okzalik asit gibi organik asitlerden veya sistein, glutatyon gibi doğal bileşiklerden yararlanılmaktadır (Lee ve ark., 2003; Gonzalez- Aguilar ve ark., 2010; Suttirak ve Manurakchinakorn, 2010). Esmerleşme önleyici ajanlar inhibisyon mekanizmalarına göre indirgeme ajanları, şelatlandırıcılar, asitlik düzenleyiciler, enzim inhibitörleri ve kompleks yapıcılar olarak sınıflandırılmaktadır (Özoğlu ve Bayındırlı, 2002). Taze kesilmiş marullarda polifenol oksidaz enzim aktivitesini durdurmak amacıyla yapılan bir çalışmada

potensiyel ajan olarak askorbik asit ve sistein kullanıldığında marul fenoliklerinin oksidasyondan korunduğu ve üründe antioksidan aktivitenin arttırıldığı bildirilmiştir (Altunkaya ve Gökmen, 2008). 2 hafta boyunca 4°C'de depolanan marullarda kararmanın önlenmesi için yapılan başka bir çalışmada biyolojik olarak aktif fitonsit uçucu yağı kullanılmış ve enzimatik esmerleşmenin etkili bir şekilde durdurulduğu belirtilmiştir (Kim ve ark., 2014).

Benzer şekilde antioksidanların ilave edildiği yenilebilir film kaplamaların minimal işlem görmüş meyve ve sebzelere uygulanmasıyla söz konusu ürünlerin mevcut fizyolojik fonksiyonları geliştirilebilmektedir (Rojas-Grau ve ark., 2009). Soya proteini bazlı bir kaplamaya eklenen ferulik asit ile minimal işlenmiş elma örneklerinde antioksidan aktivitenin arttırıldığı bildirilmiştir (Alves ve ark., 2017). N-asetil sistein ve glutatyon bileşiklerinin kullanıldığı aljinat kaplamalar minimal işlenmiş armut ve elma örneklerine uygulanmış ve antioksidan özellik bakımından başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Rojas-Grau ve ark., 2007; Oms-Oliu ve ark., 2008).

Bitkisel Kaynaklı Yenilebilir Kaplamaların Minimal İşlem Görmüş Meyve ve Sebzelerin Duyusal Kalite Özelliklerine Etkisi

Minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerin kalite değerlendirmesi ürünün mevcut duyusal özellikleri, besin değeri ve mikrobiyal yükü gibi kritik ölçütler temel alınarak yapılmaktadır. Ürünün tüketiciler tarafından satın alınma kararını görünüş, renk, lezzet ve doku gibi duyusal karakteristikler önemli ölçüde etkilemektedir (Altuğ ve Elmacı, 2015). Minimal işlenmiş meyve-sebze endüstrisindeki kalite hususları büyük ölçüde görünüşe (yüzeyde istenmeyen renk değişimi, kuruma/büzülme, görünür mikrobiyal büyüme ve başka herhangi bir kusurun varlığı) dayanmaktadır.

Renk, depolama süresince fark edilir biçimde değişebilen bir özellik olarak görülmekte, meydana gelen enzimatik esmerleşme görünüş ve tazelik gibi kavramları dolayısıyla müşteri görüşünü olumsuz yönde etkilemektedir (Kader ve Rolle, 2004; Gil ve ark., 2006). Kararmayı önlemek amacıyla yenilebilir film kaplamalarda esmerleşme karşıtı ajanlar tercih edilmektedir. Taze kesilmiş havuçlara pektin bazlı bir kaplama uygulandığında fenolik asit birikiminden kaynaklanan arzu edilmeyen beyaz renk oluşumunun ve flavonoid içeriğinin sorumlu olduğu acılığın önlendiği saptanmıştır (Ranjitha ve ark., 2017).

Dokunun korunması minimal işlenmiş sebze ve meyvelerin kalitesi için önem taşımaktadır. Enzimatik reaksiyonların bir sonucu olarak dokunun bozulması ürünlerde sertlik kaybına neden olmakla birlikte, yenilebilir film kaplamaların bu durumu geciktirebildikleri belirlenmiştir (Azarakhsh ve ark., 2012).

Çoğu zaman tüketiciler için bir raf ömrü ayırıcı olan lezzet, görünüşten daha çabuk bozulmaya yatkındır. Minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin lezzet kaybı, tat bileşenlerinin metabolik değişimi ve uçucu bileşenlerin doğal difüzyonu ile ilişkilendirilmektedir. Yenilebilir kaplamalar ile ürün yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturulmakta, difüzyonal ve metabolik kayıpların önüne geçilmektedir (Forney, 2008).

Bazı durumlarda kaplamalara ilave edilen aktif bileşenler ürünlerin duyuşal özellikleri üzerinde negatif bir etki yaratabilmektedir. Örneğın antimikrobiyal özellikleri nedeniyle film formülasyonlarında tercih edilen uçucu yağların yüksek konsantrasyonlarda kullanımı ürüne has lezzeti maskeleyebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, %5 limon otu yağı içeren aljinat kaplamaların uygulandığı ananaslarda duyuşal olarak kayıplar olduğı saptanmıştır (Azarakhsh ve ark., 2014). Marulların kaplanması ile ilgili başka bir çalışmada ise, yeşil çay konsantrasyonu belirli bir oranın (1g/100 mL) üstünde kullanıldığında panelistlerce kabul görmemiştir (Martin-Diana ve ark., 2008). Aljinat kaplamalara ilave edilen sitralin yüksek oranda kullanımı ahududularda sertliğı olumsuz yönde etkilemiştir (Guerreiro ve ark., 2015)

Aroma meyve ve sebzelerle için önemli bir kalite özelliğidir. Meyvelerin çoğı kendilerine has aroma bileşiklerini içerdüğinden spesifik bir kokuya sahiptir. Aroma bileşikleri çoğunlukla doğada uçucu olduklarından, çeşitli işlemlerden geçerken kaybolabilmekte veya bozunabilmektedir. Başka bir deyişle, minimal işlemler bu tip ürünlerin uçucu bileşen profilini ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda, minimal işlenmiş meyve ve sebzeler için duyuşal analiz gerçekleştirilmiş ve lezzet değerlendirilmesi yapılmıştır. Ancak minimal işleme tekniğinin ve yenilebilir kaplama kullanımının aroma ve uçucu bileşikler üzerinde etkisi ile ilgili çok az çalışma bulunmakta ve bu durum gıda bilim adamları için keşfedilmesi gereken potansiyel bir araştırma alanı olarak ön plana çıkmaktadır.

Sonuç

Gıda endüstrisinde insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek aksine antimikrobiyal ve antioksidan özellik gösteren doğal bileşiklerin kullanılmasına dayalı yeni teknikler geliştirilmektedir. Minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak, organoleptik özelliklerini geliştirmek ve besin değerini korumak amacıyla geliştirilen yeni yöntemler arasında bitkisel kaynaklı yenilebilir film kaplamalar ön plana çıkmaktadır. Söz konusu yenilebilir film kaplamalar ile hazır ve çabuk tüketilecek meyve salatası gibi yeni ürünler taze meyve ve sebzeye en yakın formda tüketicilere sunulabilmektedir. Ayrıca atık olarak görülen ayva, greyfurt gibi meyvelerin çekirdeklerinden elde edilen ekstraktlar kaplama materyali olarak kullanılabilenkte, bir prosesin atığı başka bir prosesin ana materyali olarak değerlendirilmektedir. Ancak söz konusu kaplamaların yenilebilir özellikte oluşu ve tüketici sağlığı için ekstra bir ambalajlama materyaline ihtiyaç duyulması, kullanılacak materyal çeşitliliğinin azlığı ve bu yeni trendin tüketiciler tarafından yeterince tanınmıyor oluşu bu teknolojinin dezavantajları arasında yer almaktadır. Yenilebilir kaplamaların olumsuz yönlerini en aza indirmek ve bu ambalajlama sistemini daha işlevsel hale getirmek için daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu kaplamaların tüketiciler tarafından tanınması ve endüstriyel olarak kullanılabilirliğinin yaygınlaşması için farklı teknolojilerle kombine edilerek kullanılması gerekmektedir. Yenilebilir film kaplamalarda kullanılacak bitkisel materyallerin gün geçtikçe artış göstermesi, söz konusu kaplamaların antioksidan ve antimikrobiyal etkili aktif bileşenler için bir

taşıyıcı görevi üstlenmesi ve bu bileşenlerin insan sağlığı üzerinde yarattığı olumlu etki bu alanda yapılan çalışmaların devam edeceğini göstermektedir.

Kaynaklar

- Ali A, Maqbool M, Ramachandran S, Alderson PG. 2010. Gum Arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58: 42–47. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.05.005
- Altuğ T, Elmacı Y. 2015. *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. 3. Baskı. İzmir. Sidas Medya. ISBN: 9789944566087
- Altunkaya A, Gokmen V. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry*, 107: 1173-1179. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.09.046
- Alves MM, Gonçalves MP, Rocha CMR. 2017. Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coatings applied to fresh-cut apples. *LWT*, 80: 409-415. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.013
- Amal SHA, El-Mogy MM, Aboul-Anean HE, Alsanius BW. 2010. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2: 88-97. Erişim Adresi: [https://idosi.org/jhsop/2\(3\)10/2.pdf](https://idosi.org/jhsop/2(3)10/2.pdf) [Erişim: 06.05.2019]
- Angellier-Coussy H, Guillard V, Guillaume C, Gontard N. 2011. Wheat gluten (WG)-based materials for food packaging. *Multifunctional and Nanoreinforced Polymers for Food Packaging*, 2011: 649-668. DOI: 10.1533/9780857092786.4.649
- Antunes DC, Gago CMC, Cavaco A, Miguel MG. 2012. Edible Coatings Enriched with Essential Oils and their Compounds for Fresh and Fresh-cut Fruit. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 4: 114-22. DOI: 10.2174/2212798411204020114
- Azarakhsh N, Osman A, Ghazali HM, Tan CP, Adzahan NM. 2012. Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. *International Food Research Journal*, 19: 279-285. Erişim Adresi: <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/24166/1/24166.pdf> [Erişim: 06.05.2019]
- Azarakhsh N, Osman A, Ghazalia HM, Tan CP, Adzahan NM. 2014. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88: 1–7. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.09.004
- Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO, Baker RA. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35: 509-524. DOI: 10.1080/10408399509527713
- Baldwin EA, Nisperos MO, Chen X, Hagenmaier RD. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 9: 151-163. DOI: 10.1016/S0925-5214(96)00044-0
- Benitez S, Achaerandio I, Sepulcre F, Pujolà M. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. 2013. *Postharvest Biology and Technology*, 81: 29-36. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.02.009.
- Bico SLS, Raposo MFJ, Morais RMSC, Morias AMMB. 2009. Combined effect of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*, 20: 508-514. DOI: 10.1016/j.foodcont.2008.07.017

- Carneiro-da-Cunha MG, Cerqueira MA, Souza BWS, Souza MP, Teixeira JA, Vicente AA. 2009. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L.. *Journal of Food Engineering*, 95: 379–385. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.05.020
- Chiabrando V, Giacalone G. 2015. Effect of essential oils incorporated into an alginate-based edible coating on fresh-cut apple quality during storage. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 7: 251–259. DOI: 10.3920/QAS2013.0337
- 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. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.11.013
- Choi WS, Singh S, Lee YS. 2016. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 70: 213–222. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.02.036
- Del-Valle V, Hernandez-Munoz P, Guarda A, Galotto MJ. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91: 751–756. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.07.002
- Dhall RK. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruit and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53: 435–450. DOI: 10.1080/10408398.2010.541568
- Dickey LC, Parris N, Craig JC, Kurantz MJ. 2002. Serial batch extraction of zein from milled maize. *Industrial Crops and Products*, 15: 33–42. DOI: 10.1016/S0926-6690(01)00093-0
- Enbuscado ME, Huber KC. 2009. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer International Publishing. ISBN: 9780387928234
- Espita PJP, Du W, Avena-Bustillos RJ, Soares NFF, McHugh T. 2014. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolloids*, 35: 287–296. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.06.005
- Eswaranandam S, Hettiarachchy NS, Meullenet JF. 2006. Effect of malic and lactic acid incorporated soy protein coatings on the sensory attributes of whole apple and fresh-cut cantaloupe. *Journal of Food Science*, 71: 307–313. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.tb15658.x
- Fagundes C, Palou L, Monteiro AR, Pérez-Gago MB. 2015. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 193: 249–257. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.07.027
- Forato L, Britto D, Rizzo J, Gastaldi T, Assis O. 2015. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. *Food Packaging and Shelf Life*, 5: 68–74 DOI: 10.1016/j.foodpsl.2015.06.001
- Forney C. 2008. Flavor loss during postharvest handling and marketing of fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review*, 4: 1–10. DOI: 10.2212/spr.2008.3.5
- Genevois CE, Pla MFE, Flores SK. 2016. Application of edible coatings to improve global quality of fortified pumpkin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33: 506–514. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.11.001
- Gennadiosa A, Curtis L, Wellera CH, Gooding H. 1994. Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of Food Engineering*, 21: 395–409. DOI: 10.1016/0260-8774(94)90062-0
- Ghidelli C, Mateos M, Rojas-Argudo C, Perez-Gago MB. 2014. Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein-cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 95: 81–87. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.04.007
- Gil MI, Aguayo E, Kader AA. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4284–4296. DOI: 10.1021/jf060303y
- Giray NSK, Baysal T, Taştan Ö. 2017. Effects of edible hydroxypropyl methylcellulose film incorporated with carvacrol nanoemulsion on shelf life of table grapes. *New trends in Food safety and quality NIFSA2017*. Aleksandras Stulgiskis University, Lithuania, 5–7 October 2017. *Akademija*, 2017, ss:37
- Gonzalez-Aguilar GA, Ruiz-Cruz S, Cruz-Valenzuela R, Rodríguez-Felix A, Wang CY. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *LWT-Food Science and Technology*, 37: 369–376. DOI: 10.1016/j.lwt.2003.10.007
- Guerreiro AC, Gago CML, Faleiro ML, Miguel MGC, Antunes MDC. 2015. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. *Scientia Horticulturae*, 194: 138–146. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.08.004
- Guerreiro AC, Gago CML, Faleiro ML, Miguel MGC, Antunes MDC. 2016. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology*, 100: 226–233. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.09.002
- Gundewadi G, Rudra SG, Sarkar DJ, Singh D. 2018. Nanoemulsion based alginate organic coating for shelf life extension of okra. *Food Packaging and Shelf Life*, 18: 1–12. DOI: 10.1016/j.foodpsl.2018.08.002
- Hamzah HM, Osman A, Tan CP, Ghazali FM. 2013. Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Ekstotika). *Postharvest Biology and Technology*, 75: 142–146. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.08.012
- Hashemi SMB, Khaneghah AM, Ghahfarrokhi MG, Eş İ. 2017. Basil-seed gum containing *Origanum vulgare* subsp. *viride* essential oil as edible coating for fresh cut apricots. *Postharvest Biology and Technology*, 125: 26–34. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.11.003
- Hassan B, Chatha SAS, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109: 1095–1107. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097
- Hodges DM, Toivonen PMA. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 155–162. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.10.016
- İyidoğan NF, Bayındırlı A. 2004. Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice. *Journal of Food Engineering*, 62: 299–304. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00243-7
- Kader AA, Rolle RS. 2004. *The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce*. Food & Agriculture Organization. ISBN: 9789251051375
- Kim DH, Kim HB, Chung HS, Moon KD. 2014. Browning control of fresh-cut lettuce by phytoncide treatment. *Food Chemistry*, 159: 188–192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.040
- Kore V.T, Tawade S.S, Kabir J. 2017. Application of Edible Coatings on Fruits and Vegetables. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 3: 591–603. Erişim Adresi: <http://www.imperialjournals.com/index.php/IJIR/article/view/3304/3160> [Erişim: 06.05.2019].
- Kowalczyk D, Pikula E, Baraniak B. 2010. Effect of edible protein-wax coating on quality of cold-stored broccoli. *Zywnosc: Nauka, Technologia, Jakosc*, 6: 120–133. DOI: 10.15193/zntj/2010/73/120-133

- Kowalczyk D. 2011. Effect of edible protein-wax coating on post-harvest stability of brussels sprouts stored under simulated commercial storage conditions. *Zywnosc: Nauka, Technologia*, 6: 177-179. DOI: 10.15193/zntj/2011/79/177-191
- Kowalczyka D, Kordowska-Wiaterb M, Ziebac E, Baraniak B. 2017. Effect of carboxymethylcellulose/candelilla wax coating containing potassium sorbate on microbiological and physicochemical attributes of pears. *Scientia Horticulturae*, 218: 326-333. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.02.040
- Lee JY, Park HJ, Lee CY, Choi WY. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT - Food Science and Technology*, 36: 323-329. DOI: 10.1016/S0023-6438(03)00014-8
- Lin D, Zhao Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruit and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6: 60-75. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x
- Maftoonazad N, Ramaswamy HS. 2008. Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados. *Journal of Food Processing Preservation*, 32: 621-643. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00203.x
- Mannozi C, Cecchini JP, Tylewicz U, Siroli L, Patrignani F, Lanciotti R, Rocculi P, Dalla Rosa M, Romani S. 2017. Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 85: 440-44. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.056
- Martin-Diana AB, Rico D, Barry-Ryan C. 2008. Green tea extract as a natural antioxidant to extend the shelf-life of fresh-cut lettuce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 593-603. DOI: 10.1016/j.ifset.2008.04.001
- Martinez-Romero D, Castillo S, Guillen F, Diaz-Mula HM, Zapata PJ, Valero D, Serrano M. 2013. *Postharvest Biology and Technology*, 86: 107-112. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.06.022
- Min S, Krochta JM. 2005. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems. *Journal of Food Science*, 70: 87-94. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07108.x
- Moalemiyan M, Ramaswamy HS, Maftoonazad N. 2011. Pectin-based edible coating for shelf-life extension of ataulfo mango. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 572-600. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2010.00609.x
- Müller CMO, Borges Laurindo J, Yamashita F. 2009. Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films. *Food Hydrocolloids*, 23: 1328-1333. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.09.002
- Nawab A, Alam F, Hasnain A. 2017. Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103: 581-586. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.05.057
- Ncama K, Magwaza LS, Mditshwa A, Tesfay SZ. 2018. Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16: 157-167. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.011
- Nunes MCN, Emond JP. 2007. Relationship between weight loss and visual quality of fruits and vegetables. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 120: 235-245. Erişim Adresi: <http://journals.fcla.edu/fshs/article/view/86230/83146> [Erişim: 06.05.2019].
- Olivas GI, Mattinson DS, Barbosa-Canovas GV. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed "Gala" apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 89-96. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.018
- Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O. 2008a. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 87-94. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2008.03.005
- Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O. 2008b. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 1862-1870. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.01.007
- Öz AT, Ulukanlı Z. 2012. Application of edible starch-based coating including glycerol plus oleum nigella on arils from long-stored whole pomegranate fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 81-95. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2011.00599.x
- Özoğlu H, Bayindirli A. 2002. Inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. *Food Control*, 13: 213-221. DOI: 10.1016/S0956-7135(02)00011-7
- Penarubia OR, Raposo MFDJ, Morais RMSCD, Morais AMMBD. 2014. Beeswax- and candelilla wax-coconut oil edible coatings extend the shelf life of strawberry fruit at refrigeration temperatures. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 4: 221-234. DOI: 10.1504/ijpti.2014.068738
- Piva G, Fracassetti D, Tirelli A, Mascheroni E, Musatti A, Inglese P, Piergiovanni P, Rollini M. 2017. Evaluation of the antioxidant/antimicrobial performance of *Posidonia oceanica* in comparison with three commercial natural extracts and as a treatment on fresh-cut peaches (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 124: 54-61. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2016.10.001
- Pranoto Y, Salokhe VM, Rakshit S. 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38: 267-272. DOI: 10.1016/j.foodres.2004.04.009
- Ranjitha K, Sudhakar Rao DV, Shivashankara KS, Oberoi HS, Roy TK, Bharathamma H. 2017. Shelf-life extension and quality retention in fresh-cut carrots coated with pectin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 42: 91-100. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.05.013
- Raybaudi-Massilia RM, Mosqueda-Melgar J, Martin-Belloso O. 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 121: 313-327. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010
- Robertson GL. 2013. *Food Packaging: Principles and Practice*. New York: CRC press. ISBN: 9781439862421
- Rojas-Argudo C, Rio MA, Perez-Gago MB. 2009. Development and optimization of locust bean gum (LBG)-based edible coatings for postharvest storage of 'Fortune' mandarins. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 227-234. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2008.11.005
- Rojas-Graü MA, Raybaudi-Massilia RM, Soliva-Fortuny RC, Avena-Bustillos RJ, McHugh TH, Martin-Belloso O. 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 254-264. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.01.017
- Rojas-Grau MA, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science Technology*, 20: 438-447. DOI: 10.1016/j.tifs.2009.05.002
- Saba MK, Sogvar OB. 2016. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. *LWT - Food Science and Technology*, 66: 165-171. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.022

- Salvia-Trujillo L, Rojas-Graü MA, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, 105: 8–16. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.03.009
- Shiekh RA, Malik MA, Al-Thabaiti SA, Shiekh MA. 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruit. *Food Science and Technology Research*, 19: 139-155. DOI: 10.3136/fstr.19.139
- Shit SC, Shah PM. 2014. Edible Polymers: Challenges and Opportunities. *Journal of Polymers*. 2014, 1:14. DOI: 10.1155/2014/427259
- Shukla R, Cheryan M. 2001. Zein: the industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, 13: 171-192. DOI: 10.1016/S0926-6690(00)00064-9
- Siddiqui MW, Rehman MS. 2015. Minimally processed foods: Technologies for safety quality and convenience. Springer International Publishing. Springer, Cham. ISBN: 9783319106762
- Sogvar OB, Saba MK, Emamifar A. 2016. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114: 29–35. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.11.019
- Suput DZ, Lazic VL, Popovic SZ, Hromis NM. 2015. Edible films and coatings – sources, properties and application. *Food and Feed Research*, 42: 11-22. DOI: 10.5937/FFR1501011S
- Suttirak W, Manurakchinakorn S. 2010. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. *Walailak Journal of Science & Technology*, 7: 5-14. DOI: 10.2004/wjst.v7i1.47
- Tavassoli-Kafrani E, Shekarchizadeh H, Masoudpour-Behabadi M. 2016. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137: 360-374. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.10.074
- Tesfay SZ, Magwaza LS. 2017. Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 11: 40-48. DOI: 10.1016/j.fpsl.2016.12.001
- Valero D, Díaz-Mula HM, Zapata PJ, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S. 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77: 1-6.
- Valiathan S, Athmaselvi KA. 2018. Gum arabic based composite edible coating on green chillies. *International Agrophysics*, 32: 193–202 DOI: 10.1515/intag-2017-0003
- Vargas M, Pastor C, Chiralt A, McClements DJ, González-Martínez C. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48: 496–511. DOI: 10.1080/10408390701537344.
- Vina SZ, Mugridge A, Garcia MA, Ferreyra RM, Martino MN, Chaves AR, Zaritzky NE. 2007. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry*, 103: 701–709. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.010
- Vu CHT, Won K. 2013. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. *Food Chemistry*, 140: 52-56. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.02.056.
- Wargovich MJ. 2000. Anticancer properties of fruits and vegetables. *HortScience*, 35: 573-575. DOI: 10.21273/HORTSCI.35.4.573
- Wills RBH, Golding JB. 2016. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 6th Edition. Wallingford. CABI. ISBN: 9781786391483
- Xu S, Chen X, Sun D. 2001. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50: 211-216. DOI: 10.1016/S0260-8774(01)00022-X
- Xu W, Huang K, Guo F, Qu W, Yang J, Liang Z, Zhao H, Luo Y. 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 86-94. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.03.019
- Xu W, Qu W, Huang K, Guo F, Yang J, Zhao H, Luo Y. 2007. Antibacterial effect of Grapefruit Seed Extract on food-borne pathogens and its application in the preservation of minimally processed vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 126-133. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.019
- Yang L, Paulson AT. 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Hydrocolloids Volume*, 23: 1328-1333. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.09.002
- Yılmaz L, Yeşim E. 2018. Polifenol Oksidaz Enzimi ve İnaktivasyon Yöntemleri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6: 333-345. DOI: 10.24925/turjaf.v6i3.333-345.1727
- Yousuf B, Qadri OS, Srivastava AK. 2017. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 89: 198-209. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.051
- Zapata PJ, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S, Valero D, Serrano M. 2008. Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1287-1293. DOI:10.1002/jsfa.3220