

Lezzet bileşenleri ve biyoaktif maddelerin yenilebilir film ve kaplamalar ile gıda sistemlerinde taşınması ve işlevselliğe etkileri

Transportation of flavorings and bioactive substances in food systems with edible films and coatings and their effects on functionality

Özgül ÖZDESTAN OCAK^{1*} , Bahar DEMİRCAN² 

^{1,2}Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
ozgulozdestan@gmail.com, bahardemircan@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 13.02.2019
Kabul Tarihi/Accepted: 29.07.2019

Düzeltilme Tarihi/Revision: 28.07.2019

doi: 10.5505/pajes.2019.35714
Derleme Makalesi/Review Article

Öz

Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı, gıda kalitesi, raf ömrü, gıda güvenliği ve işlevselliğin iyileştirilmesi için avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler tek başına bir ambalaj malzemesi olarak kullanılabilir gibi gıdaları koruma amaçlı bir kaplama malzemesi ve aktif bileşen taşıyıcısı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca, gıda içinde heterojen bileşenler kullanıldığında bu bölümleri ayırmak için de kullanılabilirler. Yenilebilir film ve kaplamalar, esmerleşmeyi önleyici ajanlar, antimikrobiyaller, lezzet vericiler, renklendiriciler ve diğer fonksiyonel maddeler gibi gıda katkı maddelerini içerebilmektedir. Yenilebilir film veya kaplamaların yapısına aroma maddeleri eklenerek gıdalarda gelişmiş duyuşal özellikler elde edilebilmektedir. Bu da gıda kalitesini iyileştiren yeni aroma taşıma sistemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Günümüzde, asıl amacı kaplanmış ürüne arzulanana ağız hissini ve tadı vermek olan çok sayıda yenilebilir film ve kaplama uygulaması mevcuttur. Bu uygulama özellikle atıştırmalıklar, çerezler, kırmızı ve beyaz et ürünleri ve su ürünleri için yapılmaktadır. Ayrıca, aktif bileşenlerin dahil edilmesi, yenilebilir film ve kaplamaların işlevselliğini arttırabilmekte ve böylece tüketicilere sağlık açısından da faydalar sağlanabilmektedir. Örneğin, film ve kaplamalara probiyotik organizmaların eklenmesi, daha sağlıklı ürünler geliştirmek için yeni uygulamalara zemin hazırlayabilir. Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda kalitesini ve işlevselliğini arttıran lezzet ve aktif bileşenler için umut verici taşıma sistemleridir. Bu derlemede, gıdalarda lezzet ve aktif bileşenlerin taşıyıcıları olarak yenilebilir film ve kaplamaların kullanımına odaklanılmıştır. Ayrıca, bazı lezzet bileşenleri ve aktif bileşenlerin, yenilebilir film ve kaplamalara dahil edilmesi ile gıdaların kalitesini ve işlevselliğini arttırması üzerine yapılan bu alandaki son gelişmeler ve çalışmalar özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilebilir film ve kaplama, Bileşen taşınımı, Gelişmiş gıda koruma sistemleri, Gıda katkı maddeleri.

Abstract

The use of edible films and coatings in the food industry provides an advantage for improving food quality, shelf life, food safety and functionality. These systems can be used as a stand-alone packaging materials or as a coating material and active ingredient carrier for food protection. They can also be used to separate these regions when heterogeneous components are used in food. Edible films and coatings may include food additives such as anti-browning agents, antimicrobials, flavors, colorants and other functional ingredients. By adding aroma substances to the structure of edible films or coatings, improved sensory properties can be obtained in foods, which paves the way for the development of new aroma transport systems that improve food quality. By adding aroma substances to the structure of edible films or coatings, improved sensory properties can be obtained in foods. This is the basis for the development of new aroma transport systems that improve food quality. Nowadays, there are numerous edible film and coating applications whose main purpose is to give the coating product the desired mouth feel and taste. This application is made especially for snacks, appetizers, red and white meat products and seafood products. In addition, the inclusion of active ingredients can enhance the functionality of edible films and coatings, thereby providing health benefits to consumers. For example, the addition of probiotic organisms to films and coatings may pave the way for new applications to develop healthier products. Edible films and coatings are promising transport systems for flavor and active ingredients that improve food quality and functionality. This review focuses on the use of edible films and coatings as carriers of flavor and active ingredients in foods. In addition, recent developments and studies in this field on the inclusion of certain flavor components and active ingredients in edible films and coatings and improving the quality and functionality of foods are summarized.

Keywords: Edible film and coatings, Component transport, Advanced food preservation systems, Food additives.

1 Giriş

Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda ürünleri, gıda bileşenleri, gıda katkı maddeleri, gıdayla temas eden maddeler veya gıda ambalajlama malzemeleri olarak sınıflandırılabilir [1]. Bu nedenle, yenilebilir film ve kaplamalar, gıda ürünlerinin yenilebilir kısmının ayrılmaz bir parçası olduklarından, gıda bileşenleri ile ilgili tüm gerekli düzenlemelere uygun olmalıdır [2]. Ürün güvenliğini ve kalitesini korumak için, film oluşturu malzemelerdeki tüm bileşenler ve yapıya eklenen herhangi bir fonksiyonel katkı maddesi toksik olmayan malzemeler olmalıdır; ayrıca, tüm proses tesisleri gıda işleme için kabul

edilebilir olmalı ve mevcut İyi Üretim Uygulamaları (GMP) düzenli bir şekilde yürütülmelidir [2]-[5]. Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanım için kabul edilebilir malzemeler genel olarak güvenli statüsünde (GRAS) olmalı ve Birleşik Devletler Gıda ve İlaç İdaresi (US-FDA) tarafından belirtilen sınırlamalar dahilinde kullanılmalıdır.

Yenilebilir film ve kaplamalar, fonksiyonel etki için dahil edilmiş bileşenlere sahip olabileceğinden, bu gibi bileşenlerin ürün etiketlerinde belirtilmesi gerekmektedir. Avrupa'da, çeşitli gıda katkı maddelerinin kullanım amacı, her zaman isimleri veya E numaralarıyla, spesifik fonksiyonel kategoriye (antioksidan, koruyucu, renk vb.) göre ambalajlamaya dahil

*Yazışılan yazar/Corresponding author

edilmektedir. Avrupa Toplulukları Mevzuatında, bir gıda katkı maddesi, 'normal olarak kendi başına bir yiyecek olarak tüketilmeyen, besin değeri olup olmadığına bakılmaksızın karakteristik bir bileşen olarak kullanılmayan, teknolojik bir amaç için gıdanın kendisine veya yan ürünlerine doğrudan veya dolaylı olarak eklenen ve bu gıdaların bir bileşeni haline gelen madde' olarak tanımlanmaktadır. Gıda katkı maddeleri renklendirme, tatlandırma veya koruma gibi belirli teknolojik amaç için gıdalara eklenir. Gıda etiketlerinde en fazla belirtilen katkı maddeleri, antioksidanlar, renklendiriciler, emülgatörler, stabilizatörler, jelleştirici ajanlar, koyulaştırıcılar, lezzet arttırıcılar, koruyucular ve tatlandırıcılarıdır. Gıdaların tadında ve/veya kokusunda kullanılan tatlandırıcılar veya maddeler de gıda ürünlerinin ambalajlanması ile ilgili içerik listesinde bulunmalıdır [6].

Nutrasötiklerin gıdalara eklenmesinde, kullanımıyla ilgili özel düzenlemeler uygulanmalıdır. Avrupa Birliği Hukuku çerçevesinde, bir nutrasötik maddenin yasal kategorizasyonu genel olarak vücut üzerindeki kabul edilmiş etkileri temel alınarak yapılır. Bu nedenle, eğer madde sadece sağlıklı doku ve organların korunmasına katkıda bulunursa, bir besin maddesi olarak kabul edilebilir [6].

Çoğu ülkenin gıda düzenlemelerinde, antimikrobiyal olarak eklenen kimyasal maddeler, bu maddelerin birincil amacı gıdanın korunması ile raf ömrünü arttırmak ise, gıda katkı maddesi olarak kabul edilmektedir. Örneğin, ABD'de gıda katkı maddeleriyle ilgili düzenlemelere göre, asetik, laktik, sitrik, malik, propiyonik ve tartarik gibi organik asitler ve bunların tuzları, çeşitli ve genel amaçlı kullanım için GRAS olarak kabul

edilmektedir [7]. Öte yandan, bitki özü yağlarının birçoğu GRAS olarak sınıflandırıldıklarından dolayı gıda endüstrisinin yanı sıra sağlık ve kozmetik endüstrilerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır [8].

İçerik düzenlemelerinin yanı sıra, yasal düzenlemelerde başka bir önemli konu daha vardır. Birçok yenilebilir film ve kaplama, bazı tüketicilerde alerjik reaksiyonlara neden olabilen bileşenlerle yapılmaktadır. Süt, soya fasulyesi, balık, yerfıstığı, fındık ve buğdayın bileşiminde bulunan alerjenler en önemlileridir [9]. Bazı yenilebilir film ve kaplama, süt (peynir altı suyu, kazein), buğday (glüten), soya ve yerfıstığı proteinlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, bilinen bir alerjeni içeren bir kaplamanın da açıkça ürün etiketi üzerinde belirtilmesi gerekmektedir [10].

Yenilebilir bir kaplama biyoaktif bileşiğin taşıyıcısı olarak görev yaparken, gıda kalitesini arttırmak ve fonksiyonel ürünler oluşturmak için mükemmel bir araç görevi de görmektedir. Bu anlamda, antioksidanlar, antimikrobiyaller, probiyotikler ve aromalar gibi biyoaktif bileşiklerin yenilebilir kaplamalara dahil edilmesi son yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Tablo 1).

Bu derlemenin amacı gıdalarda lezzet verici ve aktif bileşenlerin taşıyıcıları olarak, gıdaların kalitesini ve sağlığa faydasını arttıran yenilebilir film ve kaplamaların kullanımını konu alan çalışmaların incelenmesidir. Ayrıca bu alandaki son gelişmeler hakkında geniş çaplı bir değerlendirme niteliği taşımaktadır.

Tablo 1. Biyoaktif bileşikler içeren yenilebilir malzemelerle kaplanmış gıdaların kalitesinin geliştirilmesi.

Table 1. Improving the quality of foods coated with edible materials containing bioactive compounds.

Biyoaktif bileşen	Kaplama materyali	Gıdalarda geliştirilen kalite parametreleri	Kaynak
<i>Antioksidanlar</i>			
Esansiyel yağlar	Kitosan	Kabaklar 5 günlük bir depolamada oksidasyondan korunmuştur	[90]
Kekik esansiyel yağı	β -siklodekstrin kapsül	Kontrol ile karşılaştırıldığında <i>Alternaria alternata</i> gelişimi %55.6 oranında önlenmiştir	[91]
Askorbik asit ve sitrik asit	Aljinat	12 günlük depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite (kontrolde %38 iken kaplamalıda %60 oranında) gözlenmiş ve mango dilimlerinin rengi (kontrolde renk kayıp oranı %7 iken kaplamalıda %2.5 oranında) korunmuştur	[92]
<i>Probiyotikler</i>			
Lactobacillus acidophilus	Sodyum aljinat	Yoğurt dondurmasında 60 günlük depolama sırasında probiyotik hücreler kontrol örneklerinde 9.55'ten 7.3 log kob/g değerine düşmüşken, kapsüllenmiş hücrelerde bu düşüş 1 log birimden daha az olarak korunmuştur	[93]
Lactobacillus rhamnosus GG	Aljinat	Portakal suyunca probiyotikler 35 günlük depolamada minimum azalma göstererek (8.4'ten 8.2 log kob/g değerine azalma) korunmuş ve asit oranı 3.8'ten 3.62'ye azaltılmıştır	[94]
Lactobacillus acidophilus	Aljinat	Probiyotiklerin sütte veya asitli suda canlılık oranı 50 günlük depolamada sadece 0.13-0.16 log kob/g azalarak korunmuştur	[95]
<i>Lezzet bileşenleri</i>			
Nane	Modifiye nişasta	Lezzet bileşenlerinin tutulması ve farklı oranlarda kontrollü salınımları gerçekleştirilmiştir	[96]
n-hekzanal ve D-limonen	Iota-karragenan matrisi	Aroma bileşikleri yüksek sıcaklıklarda (37 °C) hızlı bir şekilde serbest bırakılmıştır	[97]
Linoleik asit ve isolösin	Aljinat-kalsiyum matrisi	Elma dilimlerinde aroma üretimi kontrole kıyasla 9 günlük depolamada 12 kat arttırılmıştır	[98]

2 Tarihsel gelişim süreci

Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara raf ömrünü uzatmak için uygulanması yeni bir uygulama değildir. Nem geçişini önlemek, gıdaların görünümünü iyileştirmek ve ürünün raf ömrünü arttırmak için yüzyıllar boyunca yenilebilir film ve kaplamalar kullanılmıştır. Meyve ve sebzelerde balmumu kaplamalar 1800'lerden beri kullanılmaktadır. Aslında, taze narenciye meyvelerinin (portakal ve limon) kurumayı geciktirmek için balmumu ile kaplanması Çin'de on ikinci ve on üçüncü yüzyıllarda uygulanmıştır [11]. Günümüzde, yenilebilir kaplamalar su kaybını azaltmak, gıda yüzeyine parlaklık kazandırarak görünümü geliştirmek, mantar ilaçları veya büyüme düzenleyicileri için bir taşıyıcı sağlamak ve hammadde ile dış atmosfer arasında gaz değişiminin önündeki bir engel olarak elma, armut, portakal, limon ve greylift gibi meyvelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aslında, kaplamaların tropik meyvelere uygulanması çok sık karşılaşılan bir durumdur çünkü bu ürünler ağırlık kaybına ve bazı durumlarda fizyolojik bozulmalara karşı hassastırlar. Mango, avokado, papaya, kavun ve ananas gibi tropik meyveler için genellikle Brezilya balmumu içeren emülsiyonlar kullanılmaktadır [12].

Et, fındık, atıştırmalık ve şeker gibi farklı gıdaları korumak için de yenilebilir film ve kaplamalar kullanılmıştır. Buna en güncel örnek M&M (Mars Inc.-ABD) çikolata şekerleridir. Şekerleme için yenilebilir kaplamalar ilk olarak, 1941 yılında yaz aylarında çikolata satışlarındaki düşüşü önlemek için uygulanmış ve böylece çikolatanın depolanması ve taşınması sırasında erimesi engellenmiştir [6].

Yenilebilir film ve kaplamalar eski zamanlardan beri, tarihsel kullanımlarının ötesinde daha yenilikçi kullanımlar ve uygulamalar için söz konusu olmaktadır. Fonksiyonel bileşikler özel bileşenlerin taşıyıcıları olarak sunma konusunda büyük bir potansiyele sahiptirler. Örneğin, probiyotik ve nutrasötik bileşiklerin bu sistemlere dahil edilmesi, yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında yeni bir gelişmeyi temsil etmektedir.

Önceleri 'nutrasötik' terimi gıda takviyeleri ile eşanlamı olarak kullanılmakta idi. Başlangıçta 1995 yılında, bir hastalığın önlenmesi ve tedavisi de dahil olmak üzere, tıbbi ya da sağlık yararları sağlayan bir gıda ya da bir gıda takviyesi olarak kabul edilebilecek herhangi bir madde olarak tanımlanmıştır [13]. Nutrasötik terimi, geleneksel olarak gıda (örneğin, vitaminler ve mineraller) olarak kabul edilmeyen ancak insan vücudu üzerinde olumlu fizyolojik etkileri olan maddeleri tanımlamak için kullanılmaktadır [13]. Ek olarak, probiyotikler 'bağırsakta mikrobiyal dengeleri geliştirerek konak hücre üzerinde yararlı etkileri olan canlı mikrobiyal gıda takviyeleri' olarak tanımlanmıştır [14]. İnsanlarda bifidobakterilerin potansiyel sağlık yararları ve biyolojik fonksiyonları arasında bağırsak laktik ve asetik asit üretimi, patojenlerin inhibisyonu, kolon kanseri risklerinin azaltılması, serum kolesterolünün azaltılması, iyileştirilmiş kalsiyum emilimi ve bağışıklık sisteminin aktivasyonu sayılabilir [15]-[17]. Nihai üründe 5 kob/g olan canlı bir bifidobakteri popülasyonu, yukarıda belirtilen sağlık yararlarını elde etmek için gerekli olan minimum konsantrasyon olarak tanımlanmıştır [18]. İnsanlara sağlık açısından yarar sağlamak için, tüketim sırasındaki canlı bifidobakteri sayısı 10⁶ kob/g olmalıdır [19]. Yoğurt gibi klasik probiyotik gıdalar için gram başına 10⁶ hücre içermesi önerilmiştir. Üreticiler ve perakendeciler için bifidobakteri

içeren ürünlerde bu organizmaların canlı sayımlarını doğrulayabilmeleri de önemlidir [20].

3 Yenilebilir film ve kaplamalar ile lezzet, renklendirici ve baharat bileşenlerinin taşınması

Daha önce belirtildiği gibi, yenilebilir film ve kaplamalar arzu edilen renk, lezzet, baharat, tatlılık, tuzluluk gibi algıları sunabilir ve koruyabilir. Çeşitli ticari filmler, özellikle pullulan bazlı filmler, baharatlar ve çeşniler birlikte çeşitli renklerde temin edilebilmektedir. Mükemmel oksijen bariyer özellikleri sayesinde, pullulan filmler aroma ve renkleri taşımak ve film içindeki diğer aktif bileşenleri stabilize etmek için kullanılmaktadır [21].

Günümüzde, Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı'nın (USDA) Origami Foods (Pleasanton, Kaliforniya) ile iş birliği içinde olan Tarımsal Araştırma Hizmetleri (Albany, Kaliforniya), geleneksel olarak suşi ve Asya mutfağındaki diğer ürünlerde kullanılan deniz yosunu yapraklarına (nori) alternatif olarak sebze ve meyve bazlı yenilebilir filmler geliştirmiştir. Kızılötesi kurutma tekniği kullanılarak yumuşak ve esnek tabakalar olarak üretilen bu ambalajlar, brokoli, domates, havuç, mango, elma, şeftali, armut gibi çeşitli meyve ve sebze ürünlerinden yapılabilmekte ve ayrıca baharatlar, çeşniler, renklendiriciler, lezzet bileşenleri, vitaminler ve diğer faydalı bitki türevli bileşikler için de taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bu gıda filmleri, salatalık, sarımsak ve pirinçten oluşan dolguya parlak turunculuk sağlamak için portakal ve havuç bazlı bir kaplama; baharatlı bir tonbalığı ve pirinç dolgusu için domates ve fesleğen bazlı bir kaplama; minik tatlılarda kremalı peynir tatlısı (cheesecake) için yabanmersini veya çilek bazlı bir kaplama; suşi yapımında kullanılan pirinç ve domuz rostosu için ananas, kayısı ve zencefil bazlı bir kaplama; havuç, soğan ve kuşkonmazdan yapılan suşi için brokoli bazlı bir kaplama gibi artan gıda uygulamalarında kullanılmak üzere Kaliforniya merkezli Origami Foods ve USDA tarafından ticari olarak sunulmaktadır [6].

Laohakunjit ve Kerdchoechuen [22] tarafından yapılan bir çalışmada, %25 doğal pandan yaprağı ekstresi (*Pandanus amaryllifolius Roxb.*) içeren %30 (ağırlık/ağırlık) sorbitol-plastikleştirilmiş pirinç nişastası ile aromatik olmayan öğütülmüş pirinç kaplamışlardır. Bu ekstrakt temel olarak aromatik pirinçteki yasemin aromasından sorumludur. Doğal pandan özütü içeren pirinç nişastası kaplaması, aromatik olmayan pirince aromatik pirincinkine benzer aroma bileşikleri sağlamıştır. Ek olarak, kaplama işlemi depolamada tanelerin n-hekzan içeriğini de azaltmıştır. Bu kaplama tekniği, pirinç aromasının iyileştirilmesi ve aynı zamanda, tahıl depolanması sırasında oksidatif ransidite potansiyelinin azaltılması için umut verici bir yaklaşımı temsil etmektedir.

4 Nutrasötik bileşen içeren yenilebilir film ve kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar ayrıca gıda ürünlerinin besin değerini arttırmak için kullanılabilir birçok aktif bileşeni tutma kapasitesine de sahiptirler. Bununla birlikte, bu alanda son zamanlarda artan bir ilgi olmasına rağmen az sayıda çalışmada besleyici maddelerinin yenilebilir filmlere veya kaplamalara entegrasyonu incelenmiştir. Bu tür uygulamalar için, filmlere veya kaplamalara eklenen nutrasötik maddelerin konsantrasyonu, taşıyıcı olarak kullanılacak film materyalinin

temel özellikleri (örneğin, bariyer ve mekanik özellikleri) ile ilgili olarak detaylı bir şekilde çalışılmalıdır [6].

Mei ve Zhao [23], yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum ve E vitamini taşımak için süt proteini bazlı yenilebilir filmlerini değerlendirmişlerdir. Sırasıyla %5 veya %10 Glukonal Cal (GC-kalsiyum laktat ve glukonat karışımı) veya %0.1 veya %0.2 a-tokoferil asetat (VE) içeren kalsiyum kazeinat (CC) ve peynir altı suyu protein izolatu (WPI) filmlerini kullanmışlardır. Hem CC hem de WPI filmlerinin yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum ya da E vitamini taşıyabildiğini ancak film işlevselliğinin bu süreçte olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Örneğin, E vitamininin dahil edilmesi ile kopma sırasındaki uzamanın arttığı ve filmlerin gerilme mukavemetinin azaldığı bildirilmiştir. Buna karşılık, kalsiyumun CC filmlerine dahil edilmesinin, her iki GC konsantrasyonu için çekme dayanımını düşürdüğü ve %10 oranında ilave ile de hem kırılma hem de su buharı geçirgenliği değerlerinin de azaldığı gözlemlenmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda, Park ve Zhao [24] yüksek konsantrasyonda kalsiyum (Glukonal Cal-GC), %5-20 çinko laktat (ZL), E vitamini (%5-20 a-tokoferil asetat) ve asetillenmiş monogliserit (AM) içeren kitosan bazlı filmlerin işlevselliğini değerlendirmişlerdir. GC ilavesinin pH'ı önemli ölçüde arttırdığı ve film oluşturuvcu çözeltilerin viskozitesini düşürdüğü; ancak, ZL veya VE ilavesi, böyle bir etki göstermediği bildirilmiştir. Filmlerin su bariyeri özelliklerinin, film matrisi içindeki mineral veya E vitamini bileşeninin konsantrasyonunun arttıkça geliştiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, filmlerin gerilme mukavemeti, yüksek konsantrasyonlarda GC veya VE'nin dahil edilmesinden etkilenmiş olsa da film uzama, delinme mukavemeti ve delinme deformasyonu gibi diğer mekanik özellikler etkilenmemiştir. Tüm bu bulgular ile hem süt proteininin hem de kitosan filmlerin nutrasötiklerin taşıyıcıları olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

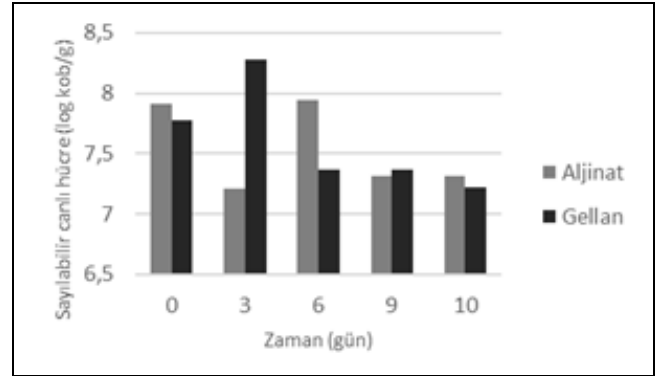
Bazı araştırmalar, yenilebilir kaplamaların meyveler ve sebzeler için düşük seviyede besin maddelerinin mükemmel taşıyıcıları olarak kullanılabilceğini ve böylelikle ürünlerin besin değerinin geliştirilebileceğini bildirmişlerdir. Mei ve diğ. [25], taze küçük havuçların besleyici ve duyuşal niteliklerini arttırmak amacıyla yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum ve E vitamini (sırasıyla %5 Glukonal Cal ve %0.2 a-tokoferil asetat) içeren ksantan gam kaplamaları geliştirmişlerdir. Kaplanmış havuç numunelerinin kalsiyum ve E vitamini içeriğinin, porsiyon başına (85 g) sırasıyla %2.6'dan 6.6'ya yükseldiği bulunmuştur. Ayrıca, bu besin seviyelerine taze aroma, lezzet, tatlılık, gevreklik veya β -karoten düzeylerinin etkilenmeden ulaşıldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak her iki besin maddesinin de yenilebilir kaplamaya dahil edilmesinin, bu tür bir ürünün besinsel niteliklerinin artırılması için mükemmel bir yaklaşım olabileceği vurgulanmıştır.

Nutrasötik bileşikler içeren yenilebilir kaplamaların uygulanması meyvelerle de incelenmiştir. Aslında, Han ve diğ. [26], taze ve dondurulmuş çileklerin ve kırmızı ahududuların raf ömrünü ve besin özelliklerini iyileştirmek için kitosan bazlı kaplamalara kalsiyum (Glukonal Cal) ve E vitamini (a-tokoferil asetat) ilave etmişlerdir. Kaplamaların, çürüme ve ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını ve soğukta muhafaza sırasında çileklerin ve kırmızı ahududuların renk, pH ve titre edilebilir asitliğindeki değişiklikleri geciktirdiğini bildirmişlerdir. Ek olarak, kitosan bazlı kaplamaların, yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum veya E vitamini taşıyabilmek için oldukça geniş kapasite gösterdiğini ve böylece hem taze hem de

dondurulmuş meyvelerde bu besin maddelerinin içeriğinin önemli ölçüde artırılabilceği sonucuna varmışlardır. Bir porsiyonda (100 g), kaplanmış meyvelerin, meyve türüne ve saklama süresine bağlı olarak 34-59 mg kalsiyum ve 1.7-7.7 mg E vitamini içermesine karşılık kaplanmamış meyvelerin sadece 19-21 mg kalsiyum ve 0.25-1.15 mg E vitamini içerdiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, Hernández-Muñoz ve diğ. [27], kaplanmış meyvelerde tespit edilen kalsiyum miktarının (3.079 g/kg kuru madde), ürüne doğrudan kalsiyum eklenmesi ile elde edilen değerden (2.340 g/kg) daha büyük olduğunu gözlemlenmiştir.

5 Yenilebilir film ve kaplamalar ile probiyotik organizmaların taşınması

Probiyotiklerin fonksiyonel yenilebilir filmlere ve kaplamalara dahil edilmesi literatürde diğer konulara nispeten çok daha az çalışılmıştır. Tapia ve diğ. [28], taze kesilmiş meyvelerin kaplanması için probiyotik yenilebilir filmler geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, fonksiyonel probiyotik kaplı meyveler elde etmek amacıyla aljinatın (%2 ağırlık/hacim) ve gellan (%0.5) bazlı yenilebilir kaplamaların organizmaların taşıyıcıları olarak uygulanabilirliği araştırılmıştır. Taze kesilmiş elmalar ve papaya, canlı bifidobakteriler içeren aljinat veya gellan film oluşturuvcu çözeltiler ile kaplanmıştır. Başlangıçta, 10^6 kob/g *Bifidobacterium lactis* Bb-12'den yüksek değerler hem papaya hem de elma parçaları üzerinde 10 güne kadar buzdolabında (2 °C) saklanmıştır (Şekil 1). Bu gözlem, aljinat ve gellan bazlı yenilebilir kaplamaların taze kesilmiş meyvelerde uygulanabilir probiyotikleri taşıyabildiğini ve destekleyebildiğini göstermiştir. Bu çalışma, çeşitli gıda katkı maddelerinin taşıyıcıları olarak yenilebilir film ve kaplamaların kullanımındaki avantajları temsil etmekte ve probiyotik film ve kaplama ürünlerinin geliştirilmesi için yeni olanaklar sunmaktadır.



Şekil 1. Ayçiçeği yağı, gliserol ve N-asetilsistein içeren aljinat ve gellan bazlı kaplamaların taze kesilmiş elmalar üzerindeki canlı *Bifidobacterium lactis* Bb-12 üzerindeki etkisi (Tapia ve diğ. (2007)'den uyarlanmıştır.)

Figure 1. Effect of alginate and gellan-based coatings containing sunflower oil, glycerol and N-acetylcysteine on *Bifidobacterium lactis* Bb-12 on freshly cut apples (adapted from Tapia et al. (2007).

6 Yenilebilir film ve kaplamalar ile antimikrobiyal ajanların taşınması

Antimikrobiyal özellikli aktif bileşikler, yenilebilir film ve kaplamalara dahil edilebilmektedir. Bu antimikrobiyal yenilebilir film ve kaplamalar, gıda yüzeylerinde etkin aktif bileşik konsantrasyonlarını koruyarak bozulmayı önler ve

patojenik bakterileri inhibe eder [29]. Yenilebilir film ve kaplamalara potansiyel olarak dahil edilebilecek organik asitler (asetik, benzoik, laktik, propiyonik, sorbik); yağ asidi esterleri (gliseril monolaurat); polipeptitler (lizozim, peroksidaz, laktoferrin, nisin); bitki esansiyel yağları (tarçın, kekik, limon otu); ve nitritler ve sülfidler [10] gibi geniş bir antimikrobiyal bileşik kategorisi vardır. Bu kategoriler içerisinde, bitki esansiyel yağları kimyasal koruyuculara kıyasla çok etkili bir alternatiftir ve gıdalarda kullanımları minimal işlenmiş doğal ürünler için tüketici taleplerini karşılamaktadır [30]. Esansiyel yağlar GRAS şeklinde tanımlanmakta [30] ve çeşitli gıdalarda aroma maddesi olarak kullanılmaktadır [31]. Bu bileşikler ayrıca gıdalarda tat, aroma ve kokuyu değiştirmek için yenilebilir film ve kaplamalara eklenebilir [32]. Rojas-Graü ve diğ. [33],[34], kekik, tarçın ve limon otu yağlarının aljinat bazlı yenilebilir filmlere dahil edilmesiyle, bu filmlerin *Escherichia coli* O157: H7'ye karşı etkilerini karşılamışlardır. Her iki çalışma da yenilebilir filmlerin, antimikrobiyal bileşiklerin taşıyıcıları olarak, bitki esansiyel yağlarını taze gıda yüzeylerine dahil etmek için uygun bir yaklaşım teşkil ettiğini göstermiştir.

Antimikrobiyal bileşiklerin taşıyıcıları olarak yenilebilir film ve kaplamalar, gıda sistemlerinin güvenliğini ve raf ömrünü arttırmak için yeni bir uygulama alanı sağlamaktadır. Çeşitli çalışmalar, antimikrobiyal yenilebilir filmlerin et ürünlerindeki bakteri seviyelerini azaltabildiğini göstermiştir. Örneğin, asetik veya propiyonik asit içeren antimikrobiyal kitosan filmlerinin, *Enterobacteriaceae* ve *Serratia liquefaciens*'in sucuk, pişmiş jambon ve pastırma üzerinde büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir [35]. Ayrıca Çağrı ve diğ. [36], sucuk ve sosiz üzerinde *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7 ve *Salmonella enterica*'yı inhibe etmek için peynir altı suyu proteini izolatu filmlerine p-aminobenzoik (PABA) ve sorbik asitleri dahil etmişlerdir. Oussalah ve diğ. [37], *E. coli* ve *Pseudomonas* spp.'nin gelişimini kontrol etmek için sığır kası dilimleri üzerine kekik, yonibahar veya bu iki esansiyel yağ karışımını içeren süt proteini bazlı yenilebilir filmler uygulamışlar, böylece soğutulmuş depolama sırasında ürünlerin raf ömrünü arttırmışlardır. Aynı araştırmacılar, *E. coli* O157: H7 ve *Salmonella typhimurium*'un kontrolü için sığır kası dilimleri üzerine kekik veya tarçın esansiyel yağları içeren aljinat bazlı yenilebilir filmler de uygulamışlardır. Esansiyel yağların filmlere dahil edilmesinin, 5 günlük depolama süresince her iki bakteri türünün de sığır kası üzerindeki büyümesini azaltmaya yardımcı olduğunu bildirmişlerdir [38].

7 Yenilebilir film ve kaplamalar ile antioksidan ajanların taşınması

Antioksidanlar, meyvelerde ve sebzelerde oksidatif ransidite, degradasyon ve enzimatik esmerleşmeye karşı koruma sağlamak için kullanılmaktadır. Askorbik asit [39],[40], 4-heksilresorsinol [41]-[43] ve sistein ve glutatyon gibi bazı sülfür içeren aminoasitler [40],[44]-[46] enzimatik esmerleşmeyi önleme potansiyellerinden dolayı ayrı ayrı ve kombinasyon halinde geniş bir şekilde çalışılmıştır. Sülfid ikame edicileri olarak hizmet etmek ve minimal işlenmiş meyvelerin raf ömrünü arttırmak için [33],[47],[48]. Bazı araştırmacılar, bu esmerleşme önleyici bu ajanlarının çoğunun, minimal işlenmiş meyvelerin kaplanması için kullanılan yenilebilir filmlere dahil edilmesini çalışmışlardır [49],[50]-[52]. Rojas-Graü ve diğ. [53] ve Tapia ve diğ. [54] taze kesilmiş elmalar ve papayalara aljinat ve gellan bazlı kaplamalar uygulamış, kaplamaların sistein, glutatyon, askorbik ve sitrik asitler gibi antioksidan ajanlar için

iyi taşıyıcılar olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte, bu esmerleşme önleyici ajanlarının çoğu hidrofilik bileşiklerdir ve su buharı iletim hızını arttırdıklarından dolayı film ve kaplamalara dahil edildiklerinde su kaybına neden olabilmektedirler [55].

8 Yenilebilir film ve kaplamalardaki teknik gelişmeler

Yenilebilir film ve kaplamalar, fırçalama, sarma, püskürtme, daldırma, dökme, kaydırma veya yuvarlama gibi farklı yöntemlerle uygulanabilir. Bir ürün, düzensiz bir yüzey üzerinde homojenlik elde etmek için kaplama uygulaması gerektirdiğinde daldırma yöntemi avantajlıdır. Ürünün batırılmasından ve fazla kaplamanın uzaklaştırılmasından sonra, film ürün üzerinde sertleşmeye veya katılaşmaya bırakılır [56].

Dökme yöntemi, yenilebilir kaplamaları gıdaya uygulamak için kullanılan başka bir tekniktir. Öncelikle film oluşturma çözeltileri düz bir yüzeye dökülür ve genellikle kapalı bir alanda kurumaya bırakılır. Bu yöntem ile belirli bir kalınlık, pürüzsüzlük ve düzlük sergileyen filmler üretilir. Sertliğe ve esnekliğe bağlı olarak, döküm filmler yüzeyleri sarmak için kullanılabilir. Bu sarma tekniği, filmlerin her boyutta kesilmesine izin verir ve daha sonra gıdalara kaplamak için kullanılabilir aromalar, baharatlar ve çeşniler gibi çok çeşitli içerikleri taşımak ve sunmak için yenilikçi ve kolay bir yöntem olarak hizmet eder [56].

Başka bir teknik olan püskürtme işlemi daha düzgün bir kaplama sağlar. İstenen işlevi elde etmek için gıda ürününün sadece bir tarafında bir kaplama uygulamasına ihtiyaç duyulduğunda veya ikili bir uygulama yapılması gerektiğinde püskürtme tercih edilir [56]. Bazen, kurutma işlemini hızlandırmak ve film çözeltilerinin gıda yüzeyindeki homojenliğini arttırmak için, püskürtmeden sonra ürünün ısıtılması tavsiye edilir [12].

Gıda ürünün tipi kaplama uygulaması için en uygun yöntemin seçimini etkilemektedir. Örneğin, fındık kaplamanın en etkili yöntemi kaydırma olarak belirtilir. Öte yandan peynir, balmumu ile sık sık daldırma veya fırçalama yöntemi ile kaplanır. Püskürtme, çoğu kaplamanın meyve ve sebzelere uygulanması için geleneksel bir yöntemdir. Bununla birlikte, et ürünleri köpükleme, daldırma, püskürtme, dökme, fırçalama, bireysel ambalajlama veya yuvarlama gibi çeşitli tekniklerden herhangi biri kullanılarak kaplanır [56].

Kaplamalar, filmlerden daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, kolajen filmler sosis kılıfları için, çözünebilir keseler gibi bazı hidroksimetil selüloz filmler ise kurutulmuş gıda bileşenleri için kullanılır. Şellak ve balmumu kaplamaları en çok meyve ve sebzelerde, şekerlerde zein kaplamalarında ve kuruyemişlerde şeker kaplamalarında kullanılır [57]. Kaplama kullanımının bir başka tipik örneği, jambon ve kümes hayvanları paketleme gibi et ürünlerinde tütsüleme veya buğulama işleminden önce kullanılan bir tür Japon polisakarit filmidir. Film, işlem sırasında erir ve kaplanmış et, düşük nem kaybının yanı sıra, gelişmiş verim, yapı ve doku sergiler [58],[59]. Kaplamaların hazırlanmasında matris olarak karboksimetilselüloz ve metilselülozun kullanılması meyveler, sebzeler, etler, balıklar, kuruyemişler, şekerleme ürünleri, unlu mamuller, tahıllar ve diğer tarımsal ürünlerde yaygındır [5].

Meyve pürelereinden yapılan ilk yenilebilir filmler, su buharı ve oksijen geçirgenliği özelliklerini tanımlayıp ayrıca filmlerin detaylı karakterizasyonunu yapan McHugh ve diğ. [60]

tarafından geliştirilmiştir. Kısa bir süre sonra, gıdaları meyve ve/veya sebze bazlı yenilebilir filmlerle sarmak için ürünler ve işlemler üzerine bir patent başvurusu yapılmıştır [61]. Daha sonra, raf ömrünü uzatmak ve taze kesilmiş elmaların kalitesini arttırmak için yeni bir yöntem (elma kaplama) geliştirmişlerdir. Bu sargılar, çeşitli konsantrasyonlarda yağ asitleri, yağlı alkoller, balmumu ve bitkisel yağ içeren bir elma püresinden yapılmıştır. Meyve ve sebze bazlı bu ambalajlar, taze meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak, ürünün besin değerini ve tüketici çekiciliğini arttırmak için kullanılabilir. Ek olarak, meyve ve sebze bazlı ambalajlar, fındık, unlu mamüller ve şekerleme ürünleri gibi diğer gıda sistemleri için bariyer olarak da kullanılabilir [62].

9 Taşıyıcı olarak kullanılan yenilebilir film ve kaplamaların özellikleri ve işlevleri

Yenilebilir film ve kaplamaların potansiyel özellikleri ve uygulamaları literatürde kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır [63]-[66]. Yenilebilir film ve kaplamaların ürün raf ömrünü ve gıda kalitesini arttırdığı bilinmektedir, çünkü bunlar nem transferi, oksijen alımı ve uçucu aroma ve tat kaybını önleyen seçici katmanlardır [67]. Yenilebilir film ve kaplamaların nem bariyeri özellikleri, su molekülünün bozulmaya sebep olan tepkimelerdeki kilit rolü nedeniyle yoğun bir şekilde incelenmiştir.

Polisakkaritler ve proteinler gibi doğal polimerlerden yapılan yenilebilir film ve kaplamalar, sıkı hidrojen bağlı ağ yapıları nedeniyle iyi oksijen bariyerleri olarak kabul edilir [68]. Bu tür film ve kaplamaların ana dezavantajları, nispeten düşük nem ve buhar bariyer özellikleridir [69]. Lipitlerin, bir emülsiyona veya film formülasyonlarına bir tabaka kaplaması olarak dahil edilmesi, su buharı bariyer özelliklerini büyük ölçüde geliştirmektedir [69],[70]. Bu moleküller bariyer özelliklerini geliştirme için, azezyon, kohezyon ve dayanıklılığı kontrol ederek kaplanmış gıdaların görünümüne de olumlu katkılar sağlar [57].

Fiziksel ve kimyasal kalite geliştirmelerinin yanı sıra, yenilebilir film ve kaplamalar daha iyi görsel kaliteye, yüzey düzgünlüğüne, renklere katkıda bulunur ve ayrıca emülgatörler, antioksidanlar, antimikrobialer, nutrasötikler, aromalar ve renklendiriciler gibi çeşitli aktif maddelerin taşıyıcıları olarak görev yaparlar. Gıda kalitesini ve güvenliğini arttırmaya yarayan bu aktif bileşikler, yapıya filmlerin fiziksel ve mekanik özelliklerine müdahale edebilecekleri seviyelere kadar ilave edilebilirler [2],[57],[67],[71],[72].

Örneğin, yenilebilir kaplamalar, patlamış mısır için heterojen gıda katkı maddeleri arasında bağlama ajanı olarak görev yaparak [73] patlama işleminin etkinliğini artırabilir [74]. Ayrıca, yenilebilir kaplamalar, atıştırmalık gıdaların ve krakerlerin yüzeylerine, baharatlar için baz veya yapışkan yüzey olarak uygulanabilmektedir. Örneğin, yağ bazlı bileşikler geleneksel olarak baharat ve aromaların tahıl bazlı atıştırmalık gıdaların yüzeylerine yapılandırılmasında kullanılır. Bununla birlikte, son zamanlarda az yağlı ve yağsız aperatif gıdalara yönelik piyasa taleplerinin bir sonucu olarak, birçok şirket yağ bazlı yapıstırıcıların yerine geçmesi için özellikle az yağlı uygulamalarda faydalı olan diğer yenilebilir kaplamaları kullanmışlardır. Örneğin, tuz ve/veya baharatlar için bir kaplama veya bağlama maddesi olarak işlev görece bir yapıstırıcı gerektiren kavrulmuş yer fıstığı için günümüzde modifiye gıda nişastası, mısır şurubu, su ve gliserolden yapılmış bir kaplama çözeltisi kullanılmaktadır. Bu çözelti, yuvarlama

işlemi sırasında yer fıstığına uygulanmakta ve ardından baharat veya tuz ilave edilmektedir. Ek olarak, yenilebilir film ve kaplamalara, koruyucu ajanların yanı sıra besinler ve nutrasötikler de dahil edilmektedir. Bu uygulama, renkli/aromalı şekerleme ürünleri, dondurulmuş pastane ürünleri, aromalı fındıklar ve vitamin bakımından zenginleştirilmiş pirinçte olduğu gibi ürün kalitesini arttırmaktadır. Raf ömrünü uzatmak, rengi korumak ve gıdaların besin değerini iyileştirmek için gıda kaplamalarına aktif bileşikler eklenebilir. Çok yönlü yenilebilir film ve kaplamalar, geleneksel bozulabilir gıdalar için kullanılmasının yanı sıra tıbbi ve terapötik gıdalar ve farmasötik ürünler için de kullanılabilir [4].

Besin değerinin iyileştirilmesine ek olarak, birleştirilen tatlar ve renklendiriciler, kaplanmış ürünlerin tadını ve görsel çekiciliğini de artırabilir. Örneğin, yenilebilir kaplamalar, aroma maddeleri için yapışkan madde olarak işlev görmesi amacıyla atıştırmalık gıdaların ve krakerlerin yüzeylerine püskürtülebilir veya daldırılabilir [75]. Ayrıca önceden pişirilmiş etlerde aroma taşıyıcıları olarak da kullanılabilirler. Kaplama uygulaması, çeşitli hızlı tüketim gıdaları için ısıtmaya hazır ürünlerin geliştirilmesinde popülerlik kazanabilir. Şekerler, yapışkanlığını azaltarak dokularının geliştirilmesi için genellikle yenilebilir filmlerle kaplanabilir [62]. Bu aktif katkı maddelerinin çeşitli kimyasal özelliklerinden dolayı, bu katkı maddeleri film yapısına dahil edildiklerinde homojen film yapısını korumak için film bileşimi çoğu zaman modifiye edilmeyi gerektirebilir [1].

10 Aktif bileşen içeren yenilebilir film ve kaplamaların duyuşal değerlendirilmesi

Çoğu durumda, tüketim sırasında tespit edilmelerini önlemek için tadı az olan veya hiç tadı olmayan yenilebilir kaplamalar istenmektedir [76]. Bu amaca ulaşmak için, filmler nötr organoleptik özelliklere (berraklık, şeffaflık, farkedilmeyen koku ve tat eksikliği gibi) sahip olmalıdır. Yenilebilir film ve kaplamaların ürünler ile birlikte tüketilmesi amaçlandığından, nutrasötikler, antioksidanlar ve antimikrobiyal ajanlar gibi bileşiklerin dahil edilmesi tüketici kabulünü olumsuz yönde etkilememelidir.

Çeşitli araştırmalar, nutrasötik maddeler dahil edildiğinde, kaplanmış gıda ürünlerinin duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Bu içeriklerin tada katkısı özellikle önemli bir unsur olarak kabul edilmiştir [77], çünkü birçok nutrasötik bileşik, bu ürünlerde kabul edilemez niteliklere yol açabilecek doğal acılık, ekşimsilik veya diğer istenmeyen tatlara sahiptirler [78]. Han ve diğ. [79], kitosan bazlı yenilebilir kaplama maddesiyle muamele edilmiş taze çileklerin, kaplamaya E vitaminin dahil edilmesi ve edilmemesi durumunda duyuşal özelliklerini değerlendirmişlerdir. Kaplanan çilekler eğitimli panelistler tarafından kabul nitelikleri açısından değerlendirilmiş ve tüm kitosan kaplamaların çileklerin görünüm puanlarını arttırdığı belirtilmiştir. Öte yandan, kaplanmış çileklerde E vitamini kullanımının, panelistlerin kabulünü etkileyebilecek olan parlaklık olgusunu azalttığı gözlenmiştir.

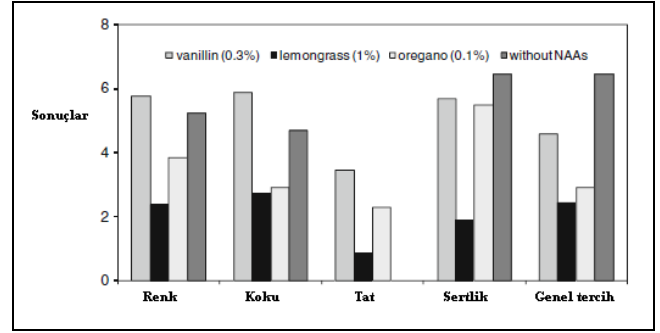
Başka çalışmalarda, esmerleşme önleyici ajanlar gibi diğer bileşiklerin kaplanmış ürünlere dahil edilmesinin duyuşal nitelikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Peynir altı suyu protein konsantresi (WPC)/balmumu (BW) kaplamalarına dahil edilen farklı antioksidan bileşiklerin tipi ve konsantrasyonu ve bunların taze kesilmiş elmaların renk ve

duyusal kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir [52]. Sonuçlar, antioksidan olarak askorbik asit (%AA-%0.5 ve %1), sistein (%Cyst -%0.1, %0.3 ve %0.5) veya 4-heksilresorsinolin (%0.005 ve %0.02) dahil edilmesinin, elmada esmerleşmeyi azalttığını göstermiştir. En etkili WPC/BW kaplamalarının, %1 AA veya %0.5 Cyst içerenler olduğu belirtilmiştir. Aynı bir duyusal panelde ise WPC/Cyst çözeltisi ile kaplanmış örnekler ve Cyst sulu çözeltisine yeni daldırılmış olanlar arasındaki fark değerlendirilmiştir. Daldırma ajanlarının meyve ve sebzelerde hoş olmayan kokulara sebep olabileceğinden, panelistler N-asetilsistein ve glutatyon gibi yüksek konsantrasyonlarda sülfür içeren bileşiklerin kullanıldığı sonucunu destekleyen Cyst kaplı numunelerde sülfür kokusu tespit etmişlerdir [48],[53],[80],[81].

Lee ve diğ. [51], iki yenilebilir kaplamanın (İrlanda yosunu ve peynir altı suyu proteini konsantresi) taze kesilmiş elma dilimleri üzerindeki etkisini incelemiş ve askorbik asit, sitrik asit ve oksalik asidin bu kaplamalara dahil edilmesinin duyusal özellikleri olumsuz yönde etkilemediğini gözlemlemişlerdir. Bu nedenle, bu kaplama çözeltilerine esmerleşme önleyici maddelerinin eklenmesi, rengin 2 haftalık bir süre boyunca muhafaza edilmesinde avantaj sağlamıştır. Ayrıca, kalite testlerinde, bu formülasyonlardan herhangi biri ile kaplanmış elmaların, kaplanmamış elmalardan daha yüksek duyusal puanlara sahip olduğu belirtilmiştir. Askorbik asit (1 g/100 ml) ve kalsiyum klorür (CaCl₂) (1 g/100 ml) içeren kaplama çözeltilerinin, elmanın duyusal kalitesini korumada en etkili olduğu bildirilmiştir.

Bazı antimikrobiyal ajanların yenilebilir kaplamalara dahil edilmesinin (özellikle bitki esansiyel yağları kullanıldığında), bunlarla ilişkili kuvvetli tatların bir sonucu olarak, gıdaların orijinal tatlarını değiştirmesi beklenebilir. Esansiyel yağlar, unlu mamuller, tatlılar, dondurma, içecekler ve sakızlarda lezzet verici maddeler olarak kullanılmasının yanı sıra, gıdaları patojenik bakterilere karşı koruma kabiliyetleri bakımından da kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir [31]. Günümüzde, yenilebilir filmlerin duyusal özellikleri ve formülasyonlarında uçucu yağlar içeren kaplamalar hakkında nispeten az sayıda çalışma mevcuttur. Rojas-Graü ve diğ. [82], limon otu, kekik yağı ve vanilin gibi bitkisel uçucu yağlar içeren kaplanmış taze kesilmiş elmaların duyusal kalitesini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada uçucu yağlar, taze kesilmiş elmaların yüzeylerini kaplamak için kullanılan elma püresi-aljinat bazlı yenilebilir kaplamalara dahil edilmiştir. Tat değerlendirmeleri 2 haftalık depolamadan sonra yapılmış ve vanilin (%0.3) içeren kaplanmış taze kesilmiş elmaların duyusal kalite açısından en kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir. Buna karşın, en düşük genel tercihin, kekik yağı içeren kaplanmış elma numunelerinde olduğu belirtilmiştir (Şekil 2).

Bitki esansiyel yağları kaplamalara dahil edildiğinde gözlemlenen duyusal değişikliklerin aksine, bazı çalışmalar diğer antimikrobiyal bileşikler kullanıldığında iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Kazein kaplamanın kaşar peyniri özellikleri üzerine etkileri ve küf oluşumunu engellemek için natamisin taşımadaki etkinliği Yıldırım ve diğ. [83] tarafından incelenmiştir. Çalışmada kaplanmamış, vakumla sarılmış, kazein ile kaplanmış, kazein içeren natamisin ile kaplanmış ve natamisin çözeltisine daldırılmış olarak beş farklı peynir grubu değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirmede, peynir örnekleri arasında, natamisin ile kazein kaplamanın, peynirin duyusal kalitesine herhangi bir olumsuz etki yapmadan yaklaşık 1 ay boyunca küf gelişimini baskılayabildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2. Antimikrobiyal madde içeren veya içermeyen, kaplanmış taze kesilmiş elmaların 2 haftalık depolama sonrasında duyusal değerlendirme sonuçları (Rojas ve diğ. (2007)'den uyarlanmıştır.)

Figure 2. Sensory evaluation results of coated fresh cut apples with or without antimicrobial substance after 2 weeks of storage (adapted from Rojas et al. (2007).

Eswaranandam ve diğ. [84], bütün elma ve taze kesilmiş kavunların duyusal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla soya proteini kaplamalarına malik ve laktik asitleri dahil etmişlerdir. Eğitimli panelistler tarafından değerlendirme sonucunda filmlere dahil edilen organik asitlerin, ürünlerin duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği belirtilmiştir.

Chen ve diğ. [85] meyve konservelerinde mikrobiyal çoğalmayı ve özellikle maya gelişimini engellemek için koruyucu madde olarak metilselüloz, gliserol ve yağ asidinden (stearik asit veya palmitik asit) oluşan yenilebilir kaplamalar geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, eriklerden hazırlanan iki çeşit meyve (Ten-shing mei ve Ching-shuan mei) benzoik asit içeren yenilebilir kaplamalarla kaplanmış ve test mikroorganizmaları olarak iki ozmofilik maya (*Zygosaccharomyces rouxii* ve *Z. mellis*) kullanılmıştır. Sonuçlar, maya büyümesinin, 50-100 mg/g benzoik asit içeren her iki kaplanmış meyve konservesinde de inhibe edildiğini göstermiştir. Ayrıca, kaplanmış meyveler, kaplanmamış meyvelerin duyusal kalitesinden önemli ölçüde farklı olmadığından, yenilebilir kaplamanın duyusal özelliklerini değiştirmeden bir gıda katkı maddesi taşıyıcısı olarak kullanılabilceği vurgulanmıştır.

Yenilebilir film ve kaplamaların geliştirilmesinde kullanılan birçok bileşimin (yenilebilir matrisler, plastikleştiriciler ve diğer aktif bileşenler dahil) kaplanmış ürünlerin duyusal özelliklerini etkileyebileceğini vurgulamak önemlidir. Bu bileşiklerin kendi karakteristik lezzetleri ve renkleri vardır ve bileşen etkileşimleri daha çeşitli değişiklikler de yaratabilir. Örneğin, hidrokoloid bazlı filmler genellikle opak, kaygan ve balmumu tadında olan lipidlerden veya lipid türevlerinden ve balmumlarından oluşturulanlardan daha nötrdür. Öte yandan, bazı araştırmacılar kitosan bazlı film veya kaplamaların kullanımının hafif lezzet modifikasyonları ürettiğini belirtmişlerdir. Genel olarak, yenilebilir kaplamalar hazırlamak için kullanılan kitosan, asidik bir ortamda çözündüğünde ekşimsi nitelikler gösterir. Bu, tükürük salgısındaki protein bağlanma afinitesini arttıran, amin protonlu gruplardaki bir yükselişin sonucu olarak ortaya çıkar. Bu ekşimsi özellik meyvelerin çeşitli duyusal değerlendirmelerinde tespit edilmiştir [86],[87].

Vargas ve diğ. [88], soğuk depolanmış çileklerin kalitesini korumak için oleik asitle birleştirilmiş yüksek molekül ağırlıklı kitosan bazlı yenilebilir kaplamaları değerlendirmişlerdir.

Oleik asidin eklenmesi sadece kitosanın antimikrobiyal aktivitesini arttırmakla kalmayarak aynı zamanda kaplanmış numunelerin su buharı direncini de arttırmıştır. Duyusal analiz, kaplama uygulamasının, özellikle oleik asidin kitosana oranının filmde yüksek olduğu durumlarda çilek aroması ve tadında önemli bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. Panelistler ayrıca en yüksek seviyede oleik asit içeren formülasyonla kaplı numunelerde tipik bir yağlı aroma tespit etmişlerdir. Ek olarak, %1 kitosan yenilebilir kaplamaları ile kaplanmış çileklerin, kaplanmamış meyvelerden daha ekşi olduğu belirtilmiştir.

Han ve diğ. [79], E vitamini içeren %1 kitosan çözeltisi ile kaplanmış taze çileklerin duyusal kalitesini değerlendirmişler ve kaplama uygulamasının, ekşilik algısı ile sonuçlanmadığını gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde Chien ve diğ. [89], düşük molekül ağırlıklı kitosanın orta büyüklükte bir meyve olan dilimlenmiş kırmızı pitayaların (ejderha meyvesi) doğal tadını olumsuz yönde etkilemediğini gözlemlemişlerdir.

Tüm bu çalışmaların sonucunda lezzet ve renklendirici maddelerinin, kaplanmış ürünlerin duyusal özelliklerini geliştirmek için yenilebilir bir filme veya kaplama matrisine eklendiği durumların daha fazla ve detaylı araştırma gerektirdiği söylenebilir.

11 Sonuç

Yenilebilir film ve kaplamaların çeşitli yenilikçi kullanımları, yeni teknolojilerin yanı sıra mevcut teknolojilere alternatif olarak önerilmektedir. Son yıllarda özellikle nanokompozitler yenilebilir ambalaj araştırması ve geliştirmesinde ön plandadır. Nanoteknoloji, bilim insanlarının arzu edilen özellikleri elde etmek, biyoaktif bileşikler taşımak ve tasarlanan fonksiyonları daha iyi yerine getirmek için ambalaj malzemelerinin nano yapısını tasarlamalarını sağlar. Bununla birlikte, yenilebilir ambalajın hala önemli ticari uygulamalara ulaşmak için çeşitli zorlukların üstesinden gelmesi gerekiyor. Genel olarak bilgi ve veri eksikliği, istenen spesifikasyonlar için yenilebilir film ve kaplamaların tasarımını önlemektedir. Yenilebilir ambalajın hem bir ambalaj hem de bir gıda bileşeni olarak hizmet verdiği göz önüne alındığında, bazı gereksinimleri yerine getirmesi gerekir. Gıda endüstrisinde birçok yenilebilir film ve kaplama uygulaması bulunmaktadır. Bunlar:

- Raf ömrünü uzatmak ve ambalajlamayı azaltmak için fındık gibi oksijene duyarlı gıdalar,
- Çevrelenen gıda bileşenlerine yağ göçünü önlemek için fındıklı çikolata gibi iki ürünün iç içe bulunduğu gıdalar,
- Bütünlüğü arttırmak ve kırılma nedeniyle kaybı azaltmak için kahvaltılık gevrekler,
- Dondurularak kurutulmuş gıdalar gibi hassas gıdalar,
- Nem kaybını, solunum ve renk değişimini azaltarak ürünün raf ömrünü uzatmak için bütünüyle önceden kesilmiş taze meyve ve sebzeler,
- Neme duyarlı gıda veya katkılarda (örneğin, dondurmadaki fındık, çerezler ve/veya şekerler), ürünlerin gevrek kalması için bir nem bariyeri sağlanması gereken gıdalar,
- Baharatların ürüne yapışması istenen az yağlı ve yağsız aperatif gıdalar (örneğin cips),
- Oksidasyon, nem, aroma veya renk geçişinin önlenmesi gereken dondurulmuş gıdalar,
- Film ayırma katmanlarının gerektiği heterojen gıdalar.

Bu uygulamalarda, yenilebilir film ve kaplamaların aktif maddelerin taşıyıcıları olarak kullanılması, aktif gıda ambalajlarının ümit verici bir uygulaması olarak öne çıkmaktadır.

Yenilebilir film ve kaplamaların taşıyıcı özelliklerini geliştirmek için yeni teknolojilerin geliştirilmesi, gelecekteki araştırmalar için önemli bir konudur. Şu anda, bu tür yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı sınırlıdır. Günümüzde, yenilebilir film ve kaplamaların üretimi esas olarak laboratuvar ortamında yapılmaktadır ve sentetik plastik filmlere kıyasla pahalı olduğu düşünülmektedir. Ticarileştirilebilir yenilebilir ambalajlamanın uygulanabilirliğini arttırmak için daha büyük ölçeklerde maliyet azaltma ve üretim araştırmaları gereklidir. Maliyetin yanı sıra, yenilebilir film ve kaplamaların ticari kullanımı için diğer sınırlayıcı faktörler, arzu edilen işlevleri olan materyallerin eksikliği, yeni film üretim veya kaplama ekipmanlarının kurulumuna yönelik yatırım maliyeti, üretim sürecinin zorluğu ve düzenlemelerin kesin ifadeler içermesidir.

Bu sınırlamalara rağmen, gıda endüstrisi, geniş bir ürün yelpazesinde kullanılabilen, ürünlere değer katan, ürünlerin raf ömrünü artıran ve/veya ambalajı azaltan yenilebilir film ve kaplamalar aramaktadır. Bununla birlikte, yapımlarında kullanılan bileşenler arasındaki etkileşimi anlamak amacıyla yeni yenilebilir film ve aktif bileşenler içeren kaplamalar geliştirmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Aroma maddeleri ve aktif bileşikler (örneğin, antimikrobiyaller, antioksidanlar ve nutrasötikler) yenilebilir film ve kaplamalara eklendiğinde, mekanik özellikler beklenmedik biçimde etkilenebilir. Biyolojik anlamda aktif bileşenlerin nanoteknolojik yöntemler ile ambalaj malzemesine entegre edilmesi hakkında çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu konuda literatüre yeni ve konunun farklı yönlerinin ele alındığı çalışmalar sunulması faydalı olacaktır.

Ek olarak, gıda üreticileri eyaletler arası veya uluslararası ticaretteki ürünler için kalite ve besleyici özelliklerin korunduğu uzun bir raf ömrü talep etmektedir. Yenilebilir ambalaj malzemeleri kendiliğinden biyolojik bozulmaya karşı hassastır yani geleneksel ambalajlamaya göre daha iyi koruma sağlar. Bu nedenle, yenilebilir film ve kaplamalara lezzet bileşenleri veya aktif bileşikler eklenerek bu olumlu etkiler artırılarak amaçlanan depolama/kullanım koşulları altındaki kararlılığın ve güvenliğin araştırılması gereklidir.

12 Conclusion

Various innovative uses of edible films and coatings are proposed as an alternative to existing technologies as well as new technologies. In recent years, especially nanocomposites have been at the forefront of edible packaging research and development. Nanotechnology enables scientists to design the nanostructure of packaging materials to achieve desirable properties, transport bioactive compounds, and better perform designed functions. However, edible packaging still needs to overcome several challenges to reach important commercial applications. Generally, the lack of information and data prevents the design of edible films and coatings for desired specifications. Given that edible packaging serves both as a packaging and as a food ingredient, it must fulfill some requirements. There are many edible film and coating applications in the food industry. These are:

- Oxygen sensitive foods such as nuts to extend shelf life and reduce packaging,
- Foods in which two products are intertwined, such as chocolate with hazelnuts, in order to prevent fat migration to the surrounding food ingredients,
- Breakfast cereals to increase integrity and reduce loss due to breakage,
- Sensitive foods such as freeze-dried foods,
- Fresh fruits and vegetables that are completely pre-cut to increase the shelf life of the product by reducing moisture loss, respiration and color change,
- Foods that are sensitive to moisture or additives (e.g. nuts, snacks and / or candies in ice cream) where a moisture barrier must be provided to keep the products crispy,
- Low-fat and non-fat snack foods (such as chips) where the spices are required to stick to the product,
- Frozen foods that need to be prevented from oxidation, moisture, aroma or color transition,
- Heterogeneous foods where film separation layers are required.

In these applications, the use of edible films and coatings as carriers of active ingredients stands out as a promising application of active food packaging.

The development of new technologies to improve the carrier properties of edible films and coatings is an important issue for future research. Currently, the use of such edible films and coatings is limited. Today, the production of edible films and coatings is mainly done in the laboratory and is considered to be expensive compared to synthetic plastic films. To increase the feasibility of commercializable edible packaging, larger scale cost reduction and manufacturing research is required. Besides cost, other limiting factors for the commercial use of edible films and coatings are the lack of materials with desirable functions, the investment cost for the installation of new film production or coating equipment, the difficulty of the production process, and the rigid statements of regulations.

Despite these limitations, the food industry is looking for edible films and coatings that can be used in a wide range of products, add value to products, increase the shelf life of products and/or reduce packaging. However, more research is needed to develop new edible film and coatings containing active ingredients to understand the interaction between the ingredients used in their manufacture. When flavoring agents and active compounds (eg, antimicrobials, antioxidants, and nutraceuticals) are added to edible films and coatings, the mechanical properties may be unexpectedly affected. There is a need for studies on the integration of biologically active ingredients into packaging material by nanotechnological methods. It will be beneficial to present studies on this subject that are new to the literature and which deal with different aspects of the subject.

In addition, food manufacturers demand a long shelf life for products in interstate or international trade, where quality and nutritional properties are maintained. Edible packaging materials are susceptible to inherently biodegradation, which means they provide better protection than traditional packaging. Therefore, it is necessary to investigate the stability and safety in the intended storage/use conditions by increasing

these positive effects by adding flavor components or active compounds to edible films and coatings.

13 Kaynaklar

- [1] Debeaufort F, Quezada-Gallo JA, Voilley A. "Edible films and coatings tomorrow's packaging: a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(4), 299-313, 1998.
- [2] Guilbert S, Gontard N. *Edible and biodegradable food packaging*. Editors: Ackermann P, Jägerstad M, Ohlsson T. Foods and Packaging Materials-Chemical Interactions, 159-168, England, UK, The Royal Society of Chemistry, 1995.
- [3] Guilbert S, Gontard N, Gorris LGM. "Prolongation of the shelf life of perishable food products using biodegradable films and coatings". *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 29(1-2), 10-17, 1996.
- [4] Han J. *Protein-Based Edible Films and Coatings Carrying Antimicrobial Agents*. Editor: Gennadios A. Protein-Based Films and Coatings, 485-498, Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, 2002.
- [5] Nussinovitch A. *Water Soluble Polymer Applications in Foods*. Oxford, UK, Blackwell Science, 2003.
- [6] Martín-Belloso O, Rojas-Graü MA, Soliva-Fortuny R. *Delivery of Flavor and Active Ingredients Using Edible Films and Coatings*. Editors: Embuscando ME, Huber KC. Edible films and coatings for food applications, 295-313, New York, NY, Springer, 2009.
- [7] Doores S. *Organic Acid*. Editors: Davidson PM, Branen AL. Antimicrobials in Foods, 95-136, New York, NY, Marcel Dekker Inc, 1993.
- [8] Kabara JJ. *Phenols and Chelators*. Editors: Russell NJ, Gould GW. Food Preservatives, 200-214, London, Blackie, 1991.
- [9] Anonymous. "Food Safety and Food Labeling; Presence and Labeling of Allergens in Food". Rockville, Food and Drug Administration, HHS, 2001.
- [10] Franssen LR, Krochta JM. *Edible Coatings Containing Natural Antimicrobials for Processed Foods*. Editor: Roller S. Natural Antimicrobials for Minimal Processing of Foods, 250-262, Boca Raton, FL, CRC Cambridge, 2003.
- [11] Hardenburg RE. "Wax and related coatings for horticultural products; a bibliography". *Agriculture Research Service*, 5, 1-15, 1967.
- [12] Grant LA, Burns J. *Application of Coatings*. Editors: Krochta JM, Baldwin EA, Nispero-Carriedo MO. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, 189-200, Technomic Publishing Company, Lancaster, 1994.
- [13] Gulati OP, Ottaway PB. "Legislation relating to nutraceuticals in the European Union with a particular focus on botanical-sourced products". *Toxicology*, 221, 75-87, 2006.
- [14] Adhikari K, Mustapha A, Grun IU, Fernando L. "Viability of microencapsulated bifidobacteria in set yogurt during refrigerated storage". *Journal of Dairy Science*, 83, 1946-195, 2000.
- [15] Mitsuoka T. "Bifidobacteria and their role in human health". *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 6, 263-267, 1990.
- [16] Gibson GR, Roberfroid MB. "Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of probiotics". *The Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412, 1995.

- [17] Kim W, Tanaka T, Kumura H, Shimazaki K. "Lactoferrin-binding proteins in *Bifidobacterium bifidum*". *Biochemistry and Cell Biology*, 80, 91-94, 2002.
- [18] Naidu AS, Bidlack WR, Clemens RA. "Probiotic spectra of lactic acid bacteria (LAB)". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 13-126, 1999.
- [19] Samona A, Robinson RK. "Enumeration of *Bifidobacteria* in dairy products". *Journal of the Society of Dairy Technology*, 44, 64-66, 1991.
- [20] Kurman JA, Rasic JL. *The health potential of products containing bifidobacteria*. Editor: Robinson RK. Therapeutic Properties of Fermented Milks, 117-158, London, Elsevier Applied Food Sciences, 1991.
- [21] Guilbert S, Gontard N. Agro-polymers for edible and biodegradable films: review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characteristics. Editor: Han JH. Innovation in Food Packaging, 263-276, Academic Press, CA, 2005.
- [22] Laohakunjit N, Kerdchoecuen O. "Aroma enrichment and the change during storage of non-aromatic milled rice coated with extracted natural flavour". *Food Chemistry*, 101, 339-344, 2007.
- [23] Mei Y, Zhao Y. "Barrier and mechanical properties of milk protein-based edible films incorporated with nutraceuticals". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1914-1918, 2003.
- [24] Park S, Zhao Y. "Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1933-1939, 2004.
- [25] Mei Y, Zhao Y, Yang J, Furr HC. "Using edible coating to enhance nutritional and sensory qualities of baby carrots". *Journal of Food Science*, 67, 1964-1968, 2002.
- [26] Han C, Zhao Y, Leonard SW, Traber MG. "Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*)". *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78, 2004.
- [27] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Ocio MJ, Gavara R. "Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*)". *Postharvest Biology and Technology*, 39, 247-53, 2006.
- [28] Tapia MS, Rojas-Graü MA, Rodríguez FJ, Ramírez J, Carmona A, Martín-Belloso O. "Alginate and Gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits". *Journal of Food Science*, 72, 190-196, 2007.
- [29] Gennadios A, Kurth LB. "Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review". *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 30, 337-350, 1997.
- [30] Burt S. "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review". *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253, 2004.
- [31] Fenaroli G. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. CRC, Boca Raton, FL, Taylor & Francis, 1995.
- [32] Çağrı A, Üstunol Z, Ryser E. "Antimicrobial edible films and coating". *Journal of Food Protection*, 67, 833-848, 2004.
- [33] Rojas-Graü MA, Avena-Bustillos R, Friedman M, Henika P, Martín-Belloso O, McHugh T. "Mechanical, barrier and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 9262-9267, 2006.
- [34] Rojas-Graü MA, Olsen C, Avena-Bustillos RJ, Friedman M, Henika PR, Martín-Belloso O, Pan Z, McHugh TH. "Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films". *Journal of Food Engineering*, 81, 634-641, 2007.
- [35] Ouattara B, Simard RE, Oiette G, Begin A, Holley RA. "Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan". *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139-148, 2000.
- [36] Çağrı A, Üstunol Z, Ryser ET. "Inhibition of three pathogens on bologna and summer sausage slices using antimicrobial edible films". *Journal of Food Science*, 67, 2317-2324, 2002.
- [37] Oussalah M, Caillet S, Salmieri S, Saucier L, Lacroix M. "Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5598-5605, 2004.
- [38] Oussalah M, Caillet S, Salmieri S, Saucier L, Lacroix M. "Antimicrobial effects of alginate-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle". *Journal of Food Protection*, 69, 2364-2369, 2006.
- [39] Soliva-Fortuny RC, Grigelmo-Miguel N, Odriozola-Serrano I, Gorinstein S, Martín-Belloso O. "Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3685-3690, 2001.
- [40] Son S, Moon K, Lee C. "Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices". *Food Chemistry*, 73, 23-30, 2001.
- [41] Dong X, Wrolstad RE, Sugar D. "Extending shelf life of fresh-cut pears". *Journal of Food Science*, 65, 181-186, 2000.
- [42] Luo Y, Barbosa-Canovas GV. "Enzymatic browning and its inhibition in new apple cultivars slices using 4-hexylresorcinol in combination with ascorbic acid". *Food Science and Technology International*, 3, 195-201, 1997.
- [43] Monsalve-Gonzalez A, Barbosa-Canovas GV, Cavalieri RP, McEvily AJ, Iyengar R. "Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-hexylresorcinol as anti-browning agent". *Journal of Food Science*, 58, 797-800, 1993.
- [44] Gorny JR, Hess-Pierce B, Cifuentes RA, Kader AA. "Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives". *Postharvest Biology and Technology*, 24, 271-278, 2002.
- [45] Molnar-Perl I, Friedman M. "Inhibition of browning by sulfur amino acids in apples and potatoes". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1652-1656, 1990.
- [46] Nicoli MC, Anise M, Severino C. "Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit". *Journal of Food Quality*, 17, 221-229, 1994.
- [47] Pizzocaro F, Toregiani D, Gilardi G. "Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride". *Journal of Food Processing and Preservation*, 17, 21-30, 1993.

- [48] Rojas-Graü MA, Sobrino-López A, Tapia MS, Martín-Belloso O. "Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural antibrowning agents". *Journal of Food Science*, 71, 59-65, 2006.
- [49] Wong WS, Tillin SJ, Hudson JS, Pavlath AE. "Gas exchange in cut apples with bilayer coatings". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2278-2285, 1994.
- [50] Baldwin EA, Nisperos MO, Chen X, Hagenmaier RD. "Improving storage life of cut apple and potato with edible coating". *Postharvest Biology and Technology*, 9, 151-163, 1996.
- [51] Lee JY, Park HJ, Lee CY, Choi WY. "Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents". *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 36, 323-329, 2003.
- [52] Perez-Gago MB, Serra M, del Rio MA. "Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings". *Postharvest Biology and Technology*, 39, 84-92, 2006.
- [53] Rojas-Graü MA, Tapia MS, Rodríguez FJ, Carmona AJ, Martín-Belloso O. "Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple". *Food Hydrocolloids*, 21, 118-127, 2007.
- [54] Tapia MS, Rodríguez FJ, Rojas-Graü MA, Martín-Belloso O. "Formulation of alginate and gellan based edible coatings with antioxidants for fresh-cut apple and papaya". *IFT Annual Meeting*, New Orleans, LA, 36-43, 2005.
- [55] Ayrançı E, Tunç S. "The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam) and green peppers (*Capsicum annum* L)". *Food Chemistry*, 87, 339-342, 2004.
- [56] Donhowe IG, Fennema O. *Edible films and coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods*. Editors: Krochta JM, Baldwin EA, Nispero-Carriedo MO. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, 1-24, Technomic Publishing Company, Lancaster, 1994.
- [57] Krochta JM, De Mulder-Johnston C. "Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities". *Food Technology*, 51, 61-74, 1997.
- [58] Labell F. "Edible packaging". *Journal of Food Process Engineering*, 52, 24, 1991.
- [59] Stollman U, Hohansson F, Leufven A. *Packaging and Food Quality*. Editors: Man CMD, Jones AA. Shelf life Evaluation of Foods. 52-71, Boston, MA, Springer, 1994.
- [60] McHugh TH, Huxsoll CC, Krochta JM. "Permeability properties of fruit puree edible films". *Journal of Food Science*, 61, 88-91, 1996.
- [61] McHugh TH, Senesi E. "Fruit and vegetable edible film wraps and methods to improve and extend the shelf life of foods". U.S. Patent Application, 9, 330-358, 1999.
- [62] McHugh TH, Senesi E. "Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples". *Journal of Food Science*, 65, 480-485, 2000.
- [63] Bravin B, Peressini D, Sensidoni A. "Development and application of polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products". *Journal of Food Engineering*, 76, 280-290, 2006.
- [64] Jagannath JH, Nanjappa C, Das Gupta D, Bawa AS. "Studies on the stability of an edible film and its use for the preservation of carrot (*Daucus carota*)". *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 498-506, 2006.
- [65] Min S, Harris LJ, Han JH, Krochta JM. "Listeria monocytogenes inhibition by whey protein films and coatings incorporating lysozyme". *Journal of Food Protection*, 68, 2317-2325, 2005.
- [66] Serrano M, Valverde JM, Guillen F, Castillo S, Martínez-Romero D, Valero D. "Use of Aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3882-3886, 2006.
- [67] Kester JJ, Fennema O. "Edible films and coatings: A review". *Food Technology*, 40, 47-59, 1986.
- [68] McHugh TH and Krochta JM. "Water vapour permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 307-312, 1994.
- [69] Yang L, Paulson AT. "Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film". *Food Research International*, 33, 571-578, 2000.
- [70] García MA, Martínó MN, Zaritzky NE. "Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings". *Journal of Food Science*, 65, 941-947, 2000.
- [71] Gennadios A, Weller CL. "Edible films and coatings from wheat and corn proteins". *Food Technology*, 44, 63-69, 1990.
- [72] Miller KS, Upadhyaya SK, Krochta JM. "Permeability of d-limonene in whey protein films". *Journal of Food Science*, 63, 244-247, 1998.
- [73] Anonymous. "Edible films solve problems". *Food technology*, 51, 60, 1997.
- [74] Wu PJ, Schwartzberg HG. "Popping behaviour and zein coating of popcorn". *Cereal Chemistry*, 69, 567-573, 1992.
- [75] Druchta J, De Mulder Johnston C. "Edible films solve problems". *Food Technology*, 51, 61-74, 1997.
- [76] Contreras-Medellin R, Labuza TP. "Prediction of moisture protection requirements for foods". *Cereal Food World*, 26, 335-342, 1981.
- [77] LeClair K. "Breaking the sensory barrier for functional foods". *Food Prod Design*, 7, 59-63, 2000.
- [78] Drewnowski A, Gomez-Carneros C. "Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review". *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1424-35, 2000.
- [79] Han C, Lederer C, McDaniel M, Zhao Y. "Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings". *Journal of Food Science*, 70, 172-178, 2005.
- [80] İyidoğan NF, Bayındırlı A. "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, 2004.
- [81] Richard FC, Goupy PM, Nicolas JJ. "Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning, 2. Kinetic studies". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2108-2114, 1992.
- [82] Rojas-Graü MA, Raybaudi-Massilia RM, Soliva-Fortuny RC, Avena-Bustillos RJ, McHugh TH, Martín-Belloso O. "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, 2007.
- [83] Yıldırım M, Güleç F, Bayram M, Yıldırım Z. "Cheese properties of kashar cheese coated with casein as a carrier of natamycin". *Italian Journal of Food Science*, 18, 127-138, 2006.

- [84] Eswaranandam S, Hettiarachchy NS, Meullenet JF. "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, 2006.
- [85] Chen MJ, Weng YM, Chen WL. "Edible coating as preservative carriers to inhibit yeast on Taiwanese-style fruit preserves". *Journal of Food Safety*, 19, 89-96, 1999.
- [86] Rodriguez MS, Albertengo LA, Vitale I, Agullo E. "Relationship between astringency and chitosan-saliva solutions turbidity at different pH". *Journal of Food Science*, 68, 665-667, 2003.
- [87] Devlieghere F, Vermeulen A, Debevere J. "Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables". *Food Microbiology*, 21, 703-714, 2004.
- [88] Vargas M, Albors A, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C. "Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings". *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164-171, 2006.
- [89] Chien PJ, Sheu F, Lin HR. "Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas". *Journal of Food Science*, 79, 736-740, 2007.
- [90] Ponce A, Roura S, del Valle C, Moreira M. "Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: in vitro and in vivo studies". *Postharvest Biology and Technology*, 49(2), 294-300, 2008.
- [91] Del Toro-Sánchez C, Ayala-Zavala J, Machi L, Santacruz H, Villegas-Ochoa M, Álvarez-Parrilla E, González-Aguilar G. "Controlled release of antifungal volatiles of thyme essential oil from -cyclodextrin capsules". *The Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 67(3), 431-441, 2010.
- [92] Robles-Sánchez RM, Rojas-Graü MA, Odriozola-Serrano I, González-Aguilar G, Martín-Belloso O. "Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes". *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 240-246, 2013.
- [93] Ahmadi A, Milani E, Madadlou A, Mortazavi SA, Mokarram RR, Salarbashi D. "Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated lactobacillus acidophilus (la-5) and fructooligosaccharide". *The Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1568-1574, 2012.
- [94] Sohail A, Turner MS, Prabawati EK, Coombes AG, Bhandari B. "Evaluation of Lactobacillus rhamnosus GG and Lactobacillus acidophilus NCFM encapsulated using a novel impinging aerosol method in fruit food products". *International Journal of Food Microbiology*, 157(2), 162-166, 2012.
- [95] Shinde T, Sun-Waterhouse D, Brooks J. "Co-extrusion encapsulation of probiotic lactobacillus acidophilus alone or together with apple skin polyphenols: an aqueous and value-added delivery system using alginate". *Food and Bioprocess Technology*, 7(6), 1581-1596, 2014.
- [96] Baranauskien R, Bylait E, Žukauskait J, Venskutonis RP. "Flavor retention of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil spray-dried in modified starches during encapsulation and storage". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 3027-3036, 2007.
- [97] Fabra MJ, Chambin O, Voilley A, Gay JP, Debeaufort F. "Influence of temperature and NaCl on the release in aqueous liquid media of aroma compounds encapsulated in edible films". *Journal of Food Engineering*, 108(1), 30-36, 2012.
- [98] Olivas G, Maya I, Espino-Díaz J, Molina-Corral J, Olivas-Dorantes C, Sepulveda D. "Metabolization of linoleic acid and isoleucine for aroma production in fresh-cut 'Golden Delicious' apples using alginate coatings as the holding matrix". Institute of Food Technologists IFT Annual Meeting, Las Vegas, NV, EU, 2012.