



Derleme Makale

Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Gıda Katkı Maddelerinin Kullanımı, Uygulama Yöntemleri ve Alanları

Elif Ayça Güler^{a*}  Elif Özbey^b 

^a Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Battalgazi-Malatya, Türkiye

^b Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçeler Bölümü, Malatya, Türkiye

ÖNE ÇIKANLAR

- Antioksidan, antimikrobiyal ve diğer fonksiyonel gıda içeren yenilebilir film ve kaplamaların üretimi ve işlevleri.

MAKALE BİLGİSİ

Anahtar kelimeler:

Ambalajlama
Lipitler,
Polisakkaritler
Proteinler
Yenilebilir filmler Yenilebilir kaplamalar

Geliş tarihi: 10 Haziran 2024

Revizyon tarihi: 18 Temmuz 2024

Kabul tarihi: 23 Temmuz 2024

* Sorumlu yazar:

elifaycakose@gmail.com

ÖZET

Tüketiciler arasında sağlıklı yaşam tarzına ilişkin artan farkındalık, gıda ürünlerinin raf ömrünü koruyucu madde kullanmaya gerek kalmadan uzatmaya yönelik yeni teknikler üzerine araştırmalara teşvik etmiştir. Küresel gıda kalitesini iyileştirme yetenekleri sayesinde yenilebilir filmler ve kaplamalar, gıdaların korunmasında özellikle dikkate alınmaktadır. Yenilebilir filmler ve kaplamalar, bir gıdanın yüzeyinde biriken veya etrafına ince koruyucu bir tabaka oluşturan, yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir katmanlardır. Biyopolimerler, proteinler, polisakkaritler ve lipitler, yenilebilir film ve kaplamaların oluşturulması için önemli olan ve doğal olarak oluşan polimerlerdir. Doğru uygulamada, yenilebilir filmler ve kaplamalar gıda ürünlerinin fiziksel özelliklerini iyileştirmeyi ve yüzeylerinin ayırt edici dokunsal ve görsel niteliklerini geliştirmeyi mümkün kılar. Başka bir deyişle, yenilebilir filmler ve kaplamalar antioksidanlar, antimikrobialler, renkler ve aromalar gibi faktörler için aktif madde taşıma işlevine yardımcı olabilmektedir. Gıda ürünlerinin oksidasyondan, nem emiliminden/desorpsiyonundan, mikrobiyal büyümeden ve diğer kimyasal reaksiyonlardan korunması büyük önem taşımaktadır. Tüm bu özellikler sayesinde yenilebilir filmler ve kaplamalar gıda ürünlerinin kalitesini uzatır ve gıda güvenliğini artırır. Bu derlemede, yenilebilir filmler ve kaplamaların kullanım amaçları, özellikleri, film malzemeleri, gıda katkı maddeleri, üretim yöntemleri ve gıdaya uygulanma teknikleri hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır. Ayrıca günümüzde ve gelecekte yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı ile ilgili güncel trendlere değinilmiştir.

Compilation Article

Application Methods, Use of Food Additives and Application Areas in Edible Film and Coatings

Elif Ayça Güler^{a*}  Elif Özbey^b ^a Malatya Turgut Özal University, Graduate Education Institute, Department of Biology, Battalgazi-Malatya, Türkiye^b Malatya Turgut Özal University, Battalgazi Vocational School Department of Parks and Horticulture, Malatya, Türkiye

HIGHLIGHTS

- Production and functions of edible films and coatings containing antioxidants, antimicrobials and other functional foods.

ARTICLE INFO

*Keywords:**Packaging**Lipids**Polysaccharides**Proteins**Edible films**Edible coating*

Received: 10 June 2024

Revised : 23 July 2024

Accepted: 23 July 2024

Published: July 2024

**Corresponding author:*elifaycakose@gmail.com

ABSTRACT

The growing awareness of healthy lifestyles among consumers has stimulated research into new techniques to extend the shelf life of food products without the need for preservatives. Edible films and coatings are being given particular consideration in food preservation due to their ability to improve food quality. Edible films and coatings are thin protective, edible and biodegradable layers deposited on or wrapped around the surface of a food. Such materials are usually composed of naturally occurring polymers known as biopolymers, which include proteins, polysaccharides and lipids. When properly applied, edible films and coatings make it possible to improve the physical properties of food products and enhance the distinctive textural and visual qualities of their surfaces. Edible films and coatings can also help transport active ingredients such as antioxidants, antimicrobials, colourants and flavours. Protection of food products from oxidation, moisture absorption/desorption, microbial growth and other chemical reactions is extremely important. These factors greatly affect the quality, freshness and nutritional value of food products. Therefore, packaging and coating technologies used in the food industry play a critical role in protecting products from such adverse effect. Thanks to all these properties, edible films and coatings prolong the quality of food products and improve food safety. In this review, detailed information is presented about the intended use of edible films and coatings, their properties, film materials, food additives, production methods and food application techniques. Also today and current trends regarding the use of edible films and coatings in the future has been mentioned.

1. GİRİŞ

Geleneksel sentetik malzemelere dayanan ambalajlar, biyolojik olarak parçalanamamaları nedeniyle ciddi ekolojik sorunlara yol açmaktadır. Son on yılda, biyolojik olarak parçalanabilen biyopolimerlerden, özellikle de yenilenebilir kaynaklardan elde edilenlerden termoplastik malzemelerin geliştirilmesine artan bir ilgi vardır (Petersen ve ark., 1999). Bu bağlamda biyopolimerler ambalaj geliştirmede alternatif bir kaynak olabilir. Biyopolimerlerin temel sorunları, sentetik plastiklerle karşılaştırıldığında daha yüksek maliyetleri ve daha az optimal fiziksel ve işleme özellikleridir. Bugüne kadar biyolojik olarak parçalanabilen ambalajlar büyük ilgi görmekle birlikte bu alanda çok sayıda araştırma projesi yürütülmektedir. Bu ilginin önemli nedenlerinden biri çevre dostu ambalaj malzemelerinin pazarlanmasıdır. Biyolojik olarak parçalanabilen ambalaj malzemelerinin kullanımı, atık yönetimi açısından büyük potansiyele sahip olan ülkelerde önemli bir çözüm aracı olarak görülmektedir (Farris ve ark., 2009; Mahalik ve Nambiar, 2010; Petersen ve ark., 1999). Bu malzemelerin geliştirilmesi ve yaygın kullanımı, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamak için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Bir gıda ürününün yüzeyinde ince bir tabaka oluşturan yenilebilir bir kaplama, yenilebilir malzemelerden yapılmış bir tabakadır; öte yandan, yenilebilir film, doğal malzemelerden oluşturulmuş ve önceden şekillendirilmiş, daha sonra gıda ürünlerinin üzerine veya arasına yerleştirilen bir malzeme tabakasıdır. Bu iki gıda sistemi arasındaki ana fark, yenilebilir kaplamanın gıda ürünlerine sıvı formda uygulanmasıdır; genellikle, ürünün yapısını oluşturan karbonhidrat, protein, lipid veya çok bileşenli karışımlar tarafından oluşturulan bir çözelti içerisine batırılarak uygulanır. Diğer yandan, yenilebilir film, gıda ürünlerinin üzerine veya arasına yerleştirilmek üzere önceden şekillendirilmiş bir yapıya sahiptir. Yenilebilir kaplama doğrudan gıdanın üzerine uygulanırken, yenilebilir film önceden hazırlanıp daha sonra ürüne yerleştirilir (Bourtoom, 2008; Guimaraes ve ark., 2018). Her iki durumda da benzer özelliklere sahip yapılar oluşmaktadır,, ancak uygulama yöntemleri farklılık gösterir (Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016).

2. Yenilebilir Film Ve Kaplamaların Sınıflandırılması

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, bileşenlerine göre genellikle polisakkaritler, proteinler, lipitler veya bunların kombinasyonları olarak sınıflandırılır. Lipitler ve hidrokolloidler (proteinler ve polisakkaritler), kompozit filmler oluşturmak için bir araya getirilir (Debeaufort ve ark., 2000).

2.1. Polisakkaritler

Polisakkaritler, bitkilerden, hayvanlardan veya mikrobiyal kaynaklardan elde edilen suda çözünür polimerlerdir (Lin ve ark., 2017). Bu kaplamalar genellikle gaz bariyeri özellikleri açısından gelişmiş olmalarına rağmen, nem transferine karşı zayıf bir bariyer kapasitesine sahiptir (Polat, 2007). Kitosan, sakızlar, aljinat, pektin, selüloz ve nişasta gibi yenilebilir kaplamalar için kullanılan bazı polisakkaritler arasındadır (Sharma ve ark., 2019). Özellikle karides, yengeç ve kerevit kabuk atıklarından elde edilen ve alkali koşullar altında deasetilasyona uğrayarak üretilen kitosan, katyonik bir polisakkarittir (Zhang ve Quantick, 1998). Bu bileşik, antimikrobiyal, antioksidan, film oluşturuç, tekstüre edici ve bağlayıcı özellikleriyle bilinir (Benjakul ve ark., 2003). Gamlar, geniş bir uygulama alanına sahip olmaları sayesinde tekstüre edici özellikleriyle dikkat çekerler (Sharma ve ark., 2019). Aljinat ise su ürünleri ve et ürünlerinin kaplanmasıyla sıklıkla kullanılan bir yenilebilir film malzemesidir (Datta, 2008; Gennadios, 2002). Ürünlerin nem kaybını önleme ve lipid oksidasyonu ile artan acılığı azaltma gibi olumlu etkileri vardır (Işık ve ark., 2013).

2.2. Proteinler

Yenilebilir film oluşturuç proteinler hem hayvansal hem de bitkisel kaynaklardan elde edilebilir (Sharma ve ark., 2019). Hayvansal kaynaklar arasında kollajen, jelatin, peynir altı suyu proteinleri, kazein ve yumurta albümini bulunurken, bitkisel kaynaklar arasında mısır zeini, yer fıstığı, pamuk tohumu ve buğday öne çıkar. Protein kaplamalar, polisakkarit filmlere göre daha iyi mekanik özelliklere sahip olup, gaz bariyer özellikleri gelişmiştir. Ancak, hidrofilik yapıları nedeniyle nem bariyer özelliği zayıftır (Gennadios, 2002). Gıdaların

yenilebilir protein filmleri ile kaplanması, besin değerini artırıcı etkide bulunabilir (Dursun ve Erkan, 2009). Bu kaplamalara plastikleştiriciler olarak polietilen glikol veya gliserol gibi maddeler eklenerek esneklikleri artırılabilir (Sánchez-Ortega ve ark., 2014). Ayrıca, bu yenilebilir protein filmlerinin aroma bariyerleri gelişmiştir ve oksijene karşı geçirgenlikleri düşüktür (Miller ve Krochta, 1997; Hong ve Krochta, 2006). Peynir altı suyu, peynir üretimi esnasında kazeinin çökmesi ve ayrılmasından sonra kalan kısımdır. Peynir altı suyu proteinleri tarafından oluşturulan yenilebilir filmler; şeffaf, esnek, renksiz, tatsızdır ve zayıf nem bariyerine sahiptir. Bu yenilebilir kaplamalar, çeşitli gıda ürünleri üzerinde test edilmiştir; örneğin kuru üzüm, kahvaltılık tahıllar, peynir parçaları ve dondurulmuş bezelyeler üzerinde kullanılmıştır (Gennadios ve ark., 1997). Ayrıca, yer fıstıklarında oksijen bariyeri olarak da etkili olduğu gözlemlenmiştir. Mısır endospermünde bulunan ticari zein, uzun yıllardır film oluşturma özelliği üzerine araştırılmaktadır (Ryu ve ark., 2002). Tahıl bitkilerinin yan ürünlerinden elde edilen buğday gluten proteini ise uygun maliyetli, bol miktarda bulunan ve yenilebilir ambalaj filmleri için oldukça uygun bir kaynaktır (Dong ve ark., 2022). Buğday proteininin yapışkanlığı ve esnekliği, film oluşturma sürecinde avantaj sağlamaktadır (Dhall, 2013). Ancak, bu proteinden elde edilen filmlerin bazı zayıf yönleri bulunmaktadır. Örneğin, mekanik dayanıklılıkları düşük olup suya karşı dirençleri azdır ve kopmaya eğilimlidirler. Bu özellikler, gıda endüstrisinde bu filmlerin pratik kullanımlarını sınırlamaktadır (Dong ve ark., 2022). Ancak, sahip oldukları su ve ışığı yalıtma özellikleri sayesinde, gıdaların tazeliğini koruma potansiyeline sahiptirler.

2.3. Lipitler

Koruyucu kaplama olarak kullanılan lipit bileşikler genellikle asetilenmiş monogliseritler, doğal balmumu ve yüzey aktif maddelerden oluşmaktadır. Parafin mumu ve balmumu gibi lipid maddeler, bu kaplamaların en etkili bileşenleri arasında yer almaktadırlar. Lipid kaplamaların temel işlevi, düşük polariteye sahip olmaları ve nemin taşınmasını engellemektir. Ancak, lipidlerin hidrofobik özellikleri daha kalın ve kırılğan filmler oluşturabilmekte, bu nedenle de proteinler veya

selüloz türevleri gibi film oluşturu maddelerle birleştirilip kullanılması gerekebilmektedir. (Debeaufort ve ark., 1993).

2.4. Kompozitler

Kompozit filmler, lipit ve hidrokolloid bileşenlerin kombinasyonundan oluşmaktadır. Lipit bileşenler gelişmiş bir su buharı bariyeri sağlarken, hidrokolloid bileşenler oksijen ve karbondioksit gibi gazlara karşı seçici bir bariyer oluşturabilmektedir (Baldwin ve ark., 1995; Sharma ve ark., 2019). Bu tür kompozit filmler, farklı özellikleri bir araya getirerek daha iyi fiziksel ve bariyer özellikler sağlayabilmektedir. Örneğin, yapılan bir çalışmada, peynir altı suyu izolatlarından oluşan filme asetilenmiş monogliserit eklenmesiyle su buharı geçirgenliğinin 70 kat azaldığı belirlenmiştir. (Anker ve ark., 2002).

3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarında kullanılan proteinler ve polisakkaritler, film çözeltileri hazırlamak için çeşitli ön işlemlerden geçirilmektedir. Bu ön işlemler genellikle biyopolimerlerin doğru konsantrasyonda ve uygun viskozitede çözücüler içinde çözülmesini sağlamaktadır. Öte yandan, lipit bazlı kaplama malzemeleri genellikle eritme, kristalleşme veya çözücü giderme gibi işlemlerle şekillendirilir. Lipitlerin eritilmesi veya çözücü giderilmesi, kaplama malzemesinin istenen form ve özelliklerini elde etmek için önemlidir. Yenilebilir filmler genellikle yayma, döküm, ekstrüzyon, tava kaplama, rulo kaplama ve laminasyon gibi çeşitli tekniklerle hazırlanmaktadır. Bu teknikler, filmin istenen kalınlık, düzgünlük ve dayanıklılık özelliklerini sağlar. Yenilebilir kaplamalar ise genellikle püskürtme-akışkanlaştırma, tambur kaplama, püskürtme ve tava kaplama gibi çeşitli tekniklerle uygulanmaktadır. Bu teknikler, kaplamanın gıda yüzeyine homojen bir şekilde uygulanmasını, istenen koruma ve özellikleri sağlmasını sağlar. Her iki uygulama türü de, gıda ambalajlamasında ve korumasında kullanılan yenilebilir filmler ve kaplamaların etkili ve güvenli bir şekilde uygulanmasını sağlamak için geliştirilmiş teknolojik süreçleri içermektedir. (Tufan, 2018). Bu materyaller gıdaların ambalajlanmasında kullanıldığında,

kalınlığı 254 µm'den büyük olanlar yenilebilir kaplamalar olarak adlandırılırken, 254 µm'den küçük olanlar yenilebilir filmler olarak kabul edilir. (Aguirre-Joya ve ark.,2018).

4. Yenilebilir Film ve Kaplamalara Katkı Maddelerinin Eklenmesi

Kaplamada kullanılan hammaddelerin yenilebilir kaynaklardan hazırlanması ve aynı zamanda gıda ile tüketilebilmesi, yeni bir teknoloji ile yenilebilir film ve kaplamaların koruma malzemesi olarak kullanılmasını gündeme getirmiştir. Yenilebilir filmlerin gıda ürünlerinde kullanımı yeni gibi görünse de bu uygulama uzun yıllara dayanmaktadır. Bu teknoloji, biyopolimerler (örneğin, polisakaritler, proteinler, lipitler) gibi doğal bileşenlerin kullanımıyla birlikte, gıda endüstrisinde yenilikçi ve sürdürülebilir ambalajlama çözümleri sunmaktadır (Debeaufort ve ark., 1998; Beckett, 2000; Valencia-Chamorro ve ark., 2009). Örneğin vakslar Çin'de 12. ve 13. yy'dan beri ekşi meyvelerin dehidrasyonunu geciktirmek amacıyla kullanılmaktadır. 15. ve 16. yy'da Asya' da kaynamış soya sütünden elde edilen filmlerin gıdaların muhafazasını geliştirmek amacıyla kullanıldığı ve 19. yy'da ise ceviz, badem ve fındıkların depolanması sırasındaki oksidasyonu önlemek için yenilebilir koruyucu bir kaplama olarak ilk kez sakkarozun kullanıldığı belirtilmektedir (Quezada-Gallo JA, 2009).

Film solüsyonuna eklenen maddelerin (antioksidan, antimikrobiyal) özellikleri, filmin son özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu maddelerin polar veya apolar olması, molekül ağırlıkları ve kimyasal yapıları, filmin bariyer özellikleri, mekanik dayanıklılığı ve diğer fiziksel özelliklerini belirlemede kritik rol oynamaktadır. Örneğin, düşük molekül ağırlıklı katkı maddeleri polimerlerin kimyasal yapısına göre filmde bariyer ve mekanik özelliklerin düzeltilmesine veya bozulmasına neden olabilirler. Plastikleştirici maddeler gibi bazı katkı maddeleri, filme elastikiyet kazandırabilirken, aynı zamanda filmin gaz ve buhar geçirgenliğini olumsuz etkileyebilirler. Bu nedenle, film formülasyonu yapılırken katkı maddelerinin seçimi ve miktarı dikkatle kontrol edilmelidir, böylece istenen performans özellikleri elde edilebilir (McHugh, T.H., Krochta, J.M., 1994; Mate, J.I., Krochta, J.M.,

1996). Film bünyesine eklenen kimyasal maddelerin molekül ağırlığı ve şekli, filmin mekaniksel ve fiziksel özelliklerini belirlemede önemli rol oynarlar. Örneğin, Çağrı ve arkadaşları (Cagri, A., Ustunol, Z., Ryser, E.T., 2001), peynir altı suyu proteininden yapılmış filmlere sorbat veya para-benzoat gibi kimyasal maddeler eklediklerinde, bu filmlerin farklı özelliklere sahip olduğunu göstermişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, sorbat içeren filmlerin benzoat içerenlere göre daha uzatılabilir ve çekme kuvveti daha az olduğu bulunmuştur. Bu farklılığın nedeni olarak, düz zincir yapılı sorbatın halka yapısına sahip benzoata göre protein zincirleri arasında daha kolay difüze olması ve protein zincirlerinin birbirleriyle etkileşimini daha etkili bir şekilde düzenlemesi gösterilebilir.

4.1. Gıda katkı maddeleri

4.1.1. Antimikrobiyaller

Antimikrobiyal ambalaj, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal güvenlik sağlamak için kullanılan aktif bir ambalaj türüdür. Bu ambalajlar, geleneksel olarak gıda matrisine antimikrobiyal ajanların doğrudan dahil edilmesi yoluyla işlev görür. Ancak, bu ajanların etkinliği matris içindeki çeşitli bileşikler tarafından engellenebilir ve bu da antimikrobiyal özelliklerin azalmasına neden olabilir. Bu durumlarda, antimikrobiyal bileşiklerin filmler veya kaplamalar içinde kullanılması etkili olabilir. Çünkü bu bileşikler, ambalaj materyalinden gıda yüzeyine seçici ve istikrarlı bir şekilde transfer edilir ve daha sonra gıda üzerine yayılır (Han, J.; 2002; Wang, C. ve ark.,2019).

Antimikrobiyal filmler ve kaplamaların geliştirilmesi sırasında dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Bu faktörler, antimikrobiyal ajanların, kaplamaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini, antagonistik mikroorganizmaların çeşitliliğini, antimikrobiyal mekanizmaları, gıdaya göç potansiyelini ve gıda ürünlerinin bileşimini içerirler. Örneğin, organik asitler gibi koruyucu bileşiklerin gıda yüzeylerine püskürtülmesi, bu asitlerin hızla gıdanın iç kısmına geçerek yüzeyi mikrobiyal kontaminasyona daha açık hale getirebilir. Bu durum, antimikrobiyal filmlerin veya kaplamaların geliştirilmesinde dikkat edilmesi gereken bir noktadır çünkü filmin bileşimi ve yapısı, gıda yüzeyindeki

antimikrobiyal etkinliği ve koruma süresini doğrudan etkileyebilir. Ayrıca, bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili güvenlik ve toksisite endişeleri de dikkate alınmalıdır, böylece gıda ürünlerinin kalitesi ve güvenliği en üst düzeye çıkarılabilir (Silva, S.I.; Malcata, F.X.,2012; Henriques, M. Ve ark.,2016; Wang, C. Ve ark.,2019).

Yenilebilir kaplamalarda kullanılan en yaygın antimikrobiyal maddeler arasında bakteriyosinler (nisin), enzimler (lizozim), inorganik gazlar (karbondioksit), organik asitler, polisakkaritler (kitosan), yağ asitleri, fungusitler (natamisin), bitki özleri (uçucu yağlar) ve baharatlar (sarımsak) yer almaktadır (Han, J.,2002;Henriques, M.; Gomes, D.; Pereira, C.,2016). Filmlere bitki ekstresi ilave edilerek antimikrobiyal karakterde filmler yapılması amaçlanmaktadır. Bitki özleri, esas olarak kekik, tarçın, biberiye ve sarımsak vb.'den elde edilen uçucu yağlar, aktif film formülasyonunda antimikrobiyal ajanlar olarak mikrobiyal büyümeyi engelleyebilir ve gıdanın raf ömrünü uzatabilir (Campos ve ark., 2010; Singh ve ark., 2021, 2018; Kumar ve ark., 2022). Kekik uçucu yağı, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri nedeniyle gıda uygulamalarında en çok çalışılan uçucu yağdır. %1,5 kekik yağı içeren kazein ve peynir altı suyu proteinleri filmleri, 0 ila 1,7 cm arasında değişen inhibisyon bölgeleriyle daha yüksek antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Oliveira, S.P.L.F. ve ark.,2017). Defne, fesleğen ve limon yaprağı ilaveli ksantan gam filmlerde *Enterobacteriaceae* ve *Staphylococcus spp.* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkilerinin disk difüzyon yöntemine göre limon yaprağı ekstresinin antimikrobiyal aktivitesinin düşük olduğu ifade edilmiştir (Sürengil, 2014). Limon, portakal, kırmızı elma ve yeşil elma kabuk artıklarından elde edilen ekstraktların antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiş ve antimikrobiyal aktivitesi en yüksek olan ekstrakt yenilebilir filmlerde kullanılmıştır. Çalışmada, portakal ve limon kabuklarından elde edilen doğal antimikrobiyal ekstrakt ile karragenan, ksantan ve harnup içeren yenilebilir filmlerin en yüksek aktiviteyi gösterdiği belirtilmiştir. Daha sonra filmlerin antimikrobiyal aktivitesi Disk Difüzyon Yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Limon ve portakal kabuklarından hazırlanan yenilebilir filmlerin oluşturduğu zon çapları

değerlendirildiğinde ksantan limon, karragenan portakal, karragenan limon ve keçiboynuzu limonun daha fazla antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Kılınç ve ark., 2018). *Aquilaria agallocha*'nın kabuk ekstresinden (0, 1, 4 ve 8 mL) farklı oranlarda alınarak kitosan bazlı filmler hazırlanarak *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı çalışmada kontrol grubu dikkate alındığında *A. agallocha* ekstraktı-kitosan yenilebilir filmlerinin tamamının bakterilerin üremesini önlediği belirtilmektedir (Karkar ve ark., 2023).

4.1.2. Antioksidanlar

Antioksidanlar, gıda bileşenlerinin özellikle lipitlerin oksidatif stabilitesini artırarak besin değerini korumakta ve oksidatif bozulmayı, renk değişimini önlemektedir. Asit veya fenolik bileşikler genellikle antioksidan olarak işlev görmektedir. Örneğin, sitrik asit ve askorbik asit gibi asit bileşikleri, metal iyonlarını şelatlayarak antioksidan aktivite gösterirler. Bazı fenolik bileşikler ise lipit oksidasyonunu inhibe eden etkiye sahiptir. Bunlar arasında bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitolüen (BHT), üçüncül bütillenmiş hidroksikinon (TBHQ), propilgallat ve tokoferoller yer alır. Bu bileşikler, gıda ürünlerindeki lipitlerin oksidatif bozulmasını önlemekte veya geciktirmekte etkilidirler. Yenilebilir kaplamalar, bu tür antioksidanları içerebilir ve gıda yüzeyine uygulanarak gıdanın oksidatif stabilitesini artırabilirler. Bu kaplamalar aynı zamanda enzimatik oksidasyon gibi enzimatik işlemleri de azaltabilirler. Bu özellikleri sayesinde, yenilebilir kaplamalar gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve kalitesini korumak için önemli bir rol oynarlar. Sonuç olarak, antioksidanların gıda endüstrisindeki kullanımı, gıdaların raf ömrünü uzatmak ve tüketiciye sağlıklı ürünler sunmak için önemli bir stratejidir. Yenilebilir kaplamalar aracılığıyla bu tür bileşiklerin gıda yüzeyinde kullanılması, gıda güvenliği ve kalitesini artırmak için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Nisperos-Carriedo MO.; Shaw PE.; Baldwin EA., 1990).

Son zamanlarda, yenilebilir film ve kaplama üretiminde farklı bileşenler katılarak özellikleri geliştirmektedir. Bunlardan dut

yaprağı gıda endüstrisi için yeni bir hammadde kaynağı olarak ortaya çıkmış ve çeşitli dut yaprağı tabanlı gıda ürünlerinin üretimine ilham vermiştir. Bu ürünler arasında dut yaprağı tartarı, dut yaprağı krizantem bileşik granül içeceği, dut yaprağı sağlık çayı, dut yaprağı tozu, dut yaprağı eriştesi, dut yaprağı bisküvisi ve dut yaprağı sirkesi yer almaktadır (Su ve ark., 2014). Dut yaprağı, zengin biyoaktif bileşenleri, flavonoidler, alkaloidler ve antibakteriyel bileşikler nedeniyle çeşitli biyolojik faydalara sahiptir. Bu bileşenler, dut yapraklarının antioksidan özelliklere, hipoglisemik etkilere, lipid metabolizmasını düzenlemeye, antikanser, anti-inflamatuar ve antimikrobiyal etkilere sahip olmasını sağlamaktadır (Afzal ve ark., 2021). Hem laboratuvar ortamlarında (in vitro), hem de canlı organizmalarda (in vivo) yürütülen çok sayıda çalışma, dut yaprağı özlerinin fenolik polisakaritler, albümin, morasin N gibi bileşiklere bağlı olarak güçlü antioksidan özelliklere sahip olduğunu tutarlı bir şekilde göstermiştir (Choi ve ark., 2013; Sun ve ark., 2018; Tu ve ark., 2019). Dut yaprağı özlerinin lipid düşürücü özelliklere sahip olduğu ve hiperlipidemi ile kardiyovasküler hastalıklara (ateroskleroz ve koroner kalp hastalığı) karşı koruma sağladığı rapor edilmiştir (Gryn-Rynko ve ark., 2016; Thaipitakwong ve ark., 2018; Metwally ve ark., 2019). Yapılan araştırmada, dut yapraklarının etanolik ekstraktlarının trigliseritleri, LDL (Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) VLDL (Çok Düşük Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterolü ve toplam kolesterol seviyelerini düşürdüğü HDL (Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein) kolesterol seviyelerini yükselttiği belirlenmiştir (Varghese ve Jibu Thomas, 2019). Dut yapraklarından elde edilen etanol ekstraktının in vitro testlerinde *Bacillus cereus*, *Salmonella enteritidis*, *Pasteurella multocida* ve *Mycoplasma gallisepticum* dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmalara karşı inhibe edici etkiler sergilediği rapor edilmiştir. 625 µg/mL oranında kullanılan dut yaprağı ekstresinin *S. enteritidis* ve *M. gallisepticum* mikroorganizmaları üzerinde bakterisidal etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Hemeg ve ark., 2020). Dut yapraklarında bulunan 1-deoksinojirimisin (1-DNJ), oral bir patojen olan *Streptococcus mutans*'ın hızlı gelişimini ve biyofilm oluşumunu engellemektedir (Islam ve ark., 2008). Ayrıca, dut yapraklarının asit hidrolizat fermantasyonuyla elde edilen MH-

bakteriyel selüloz bileşeni, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel etkisi önemli düzeydedir (Chen ve ark., 2019).

4.1.3. Probiyotikler/Prebiyotikler

Son zamanlarda, plastikleştirilmiş ince tabakalı hidrokoloidler aracılığıyla gıda ürünlerine probiyotik ve prebiyotiklerin dahil edilmesi, işlenmiş gıdalardaki sağlık niteliklerini iyileştirme ve işlevselleştirme yeteneğini göstermiştir (Fernandes, LM. Ve ark., 2020). Yenilebilir kaplamalara probiyotik bakteri eklenmesi ürünlere hem farklı tatlar kazandırılmakta hem de gıdaların kalitesini ve raf ömrünün arttırılmasını sağlamaktadır. Gıda üretiminde probiyotik bakteri kullanımını sınırlayan en önemli faktör, kullanılan mikroorganizmaların stabilitesini, yani canlılığını koruyamamasıdır (Qi ve ark., 2006; Anal ve Singh, 2007).

Mikroorganizmaların canlılığı, yenilebilir filmler belirli bir üründe ayrı ayrı karakterize edildiğinde ve farklı koşullar altında (örneğin sıcaklık ve bağıl nem) depolandığında değişir. Örneğin, Soukoulis ve diğerleri (Soukoulis, C. ve ark., 2014) ekmeği kaplayan bir aljinat/peynir altı suyu proteini matrisinde *Lactobacillus rhamnosus*'un canlılığını değerlendirdi. 25 °C'de yedi gün boyunca LAB stabilitesini korumayı başardılar. Yazarlar, önceki çalışmalarıyla karşılaştırıldığında, ekmeğin 4 °C'de depolandığında *Lactobacillus*'un canlılık süresinin önemli ölçüde azaldığını (%93'e kadar); ancak matris ekmeğe uygulanmadığında bakteri canlılığının 99 güne kadar arttığını buldular (Soukoulis, C. ve ark., 2017).

Lactobacillus plantarum'un canlılık süresindeki fark, farklı koşullar altında saklandığında ve işlendiğinde de karşılaştırılabilir; Tavera-Quiroz ve ark. (Tavera-Quiroz, MJ; Romano, N.; 2015) tarafından bildirildiği gibi, *Lactobacillus plantarum*'u pişmiş elmalı atıştırma kaplamak ve simüle edilmiş in vitro gastrik koşullarda (iki aşama: pH 2.5 ve 7.5 ve 37 °C) 90 güne kadar canlılığını korumak için bir metilselüloz matrisine dahil ettiler. Gbassi ve ark., (Gbassi, GK. ve ark., 2009), Tavera - Quiroz ve ark., (Tavera-Quiroz, MJ; Romano, N., 2015) ile benzer gastrik koşullar ve bir peynir altı suyu proteini matrisi kullanarak *Lactobacillus plantarum* canlılığını 180 dakika boyunca korumuşlardır.

Çizelge 1a. Gıda maddelerinde uygulanan yenilebilir film ve kaplamalar

Gıda Uygulaması	Biyopolimerik Matris	Katkı maddeleri	Kaplama Tekniği	Pozitif sonuçlar	Referans
Meyveler					
İncirler	Kitosan	Asetik asit, kanola yağı, tarçın esansiyel yağı ve Rosselle özütü	Yaymak	Antioksidan kapasite korundu, renk değişimi gecikti ve Alternariaalternata büyümesi engellendi	(Contreras Saavedra, S., 2020)
Dolmalık biber	Kitosan	Asetik asit, kanola yağı, gliserol ve kitosan/ α -pinennanopartikülleri	Yaymak	Flavonoidler ve antioksidan kapasitesi değişmemiş ve Alternariaalternata'nın büyümesi yavaşlamıştır.	(Hernández-López, G. ve ark., 2020)
Papaya	Papaya püresi ve aljinat	Gliserol ve sitrik asit	Batırılmış	Raf ömrü uzatıldı	(Hamzah, H.M. ve ark., 2013)
	Karagenan	Gliserol ve sitrik asit	Batırılmış	Olgunlaşma gecikti ve raf ömrü uzadı	(Rangel-Marrón ve ark., 2019)
Yaban mersini	Aljinat, kitosan, elma lifi ve portakal lifi	Gliserol, inülin ve oligofruktoz	Batırılmış	Duyusal kalite iyileştirildi ve raf ömrü uzatıldı	(Alvarez, MV; Ponce, AG; Moreira, MR., 2018)
	Kitosan, kalsiyum kazeinat, aljinat ve semperfresh TM	Gliserol ve tween 20	Batırılmış	Olgunlaşma gecikti ve lezzet, doku ve görsel görünüm korundu	(Duan, J.; Wu, R.; Strik, BC; Zhao, Y., 2011)
Taze kesilmiş jak meyvesi soğanları	Ksantan, aljinat ve jellan zamkı	Gliserol ve 1-metilsiklopropan	Batırılmış	Mikrobiyal büyüme engellendi ve raf ömrü uzatıldı	(Voet, D.; Voet, J.G.; Pratt, C., 2009)
Taze kesilmiş kivi	Kaktüs armut mukuslu	Gliserol ve tween 20	Batırılmış	Görsel kalite ve lezzet iyileştirildi ve raf ömrü uzatıldı	(Allegra, A. ve ark., 2016)

Çizelge 1b. Gıda maddelerinde uygulanan yenilebilir film ve kaplamalar

Gıda Uygulaması	Biyopolimerik Matris	Katkı maddeleri	Kaplama Tekniği	Pozitif sonuçlar	Referans
Sebzeler, Bitkiler ve Tahıllar					
Brokoli	Metilselüloz, polikaprolakton ve aljinat	Gliserol, tween 80, organik asit karışımı, biberiye özü, Asya baharat esansiyel yağı ve İtalyan baharatı	Batırılmış	Escherichiacoli, Salmonellatyphimurium ve Listeriamonocytogenes'in büyümesi kontrol edildi	(Takala, P.N. ve ark., 2013)
Beyaz kuşkonmaz	Sodyum karboksimetil-selüloz, peynir altı suyu protein izolatu ve pullulan	Sakkaroz yağ asidi esteri, polietilen glikol, sorbitol ve stearik asit	Batırılmış	Kilo kaybı azaldı ve kalite korundu	(Tzoumaki, M.V. ve ark., 2009)
Taro yumruları	Kitosan ve nişasta	Gliserol	Batırılmış	Kalite artırıldı, mikrobiyal büyüme engellendi ve raf ömrü uzatıldı	(Aly, S.S.H.; Mohamed, E.N.; Abdou, E.S., 2017).
Patates	Keçiboynuzu zıncı	Gliserol	Batırılmış	Fiziksel değişimler, mikrobiyal büyüme ve besin kalitesi kontrol edildi	(Licciardello, F. ve ark., 2018)
Safran	Maltodekstrin ve nanoselüloz	–	Yaymak	Fizikokimyasal özellikler iyileştirildi	(Karkar, B., Şahin, S., Bekiz, D., Akça, B., Özakın, C., 2023)
Brokoli	Metilselüloz, polikaprolakton ve aljinat	Gliserol, tween 80, organik asit karışımı, biberiye özü, Asya baharat esansiyel yağı ve İtalyan baharatı	Batırılmış	Escherichiacoli, Salmonellatyphimurium ve Listeriamonocytogenes'in büyümesi kontrol edildi	(Takala, P.N. ve ark., 2013)
Beyaz kuşkonmaz	Sodyum karboksimetil-selüloz, peynir altı suyu protein izolatu ve pullulan	Sakkaroz yağ asidi esteri, polietilen glikol, sorbitol ve stearik asit	Batırılmış	Kilo kaybı azaldı ve kalite korundu	(Tzoumaki, M.V. ve ark., 2009)
Taro yumruları	Kitosan ve nişasta	Gliserol	Batırılmış	Kalite artırıldı, mikrobiyal büyüme engellendi ve raf ömrü uzatıldı	(Aly, S.S.H.; Mohamed, E.N.; Abdou, E.S., 2017).

Çizelge 1c. Gıda maddelerinde uygulanan yenilebilir film ve kaplamalar

Gıda Uygulaması	Biyopolimerik Matris	Katkı maddeleri	Kaplama Tekniği	Pozitif sonuçlar	Referans
Hayvansal ve Süt Ürünleri					
Tavuk eti	Mango kabuğu tozu, siklodekstrin ve jelatin	Gliserol ve polivinil alkol	Sarılmış	Raf ömrü uzatıldı	(Kanatt, S.R.; Chawla, S.P., 2017)
Çipura balığı	Aljinat	Gliserol, C vitamini ve çay polifenolleri	Batırılmış	Bakteriyel büyüme engellendi ve duyuşal değerler artırıldı	(Song, Y.; Liu, L.; Shen, H.; You, J.; Luo, Y., 2011)
Peynir	Galaktomannan ve kitosan	Gliserol, sorbitol ve yağ mısırı	Yaymak	Raf ömrü uzatıldı	(Cerqueira, M.A. ve ark., 2010)

Çizelge 2. Gıda maddelerinde uygulanan yenilebilir kaplamalar-probiyotikler

Biyopolimerik Matris	Katkı maddeleri	Probiyotik Mikroorganizmalar	Gıda Ürünü	Hayatta Kalma Süresi	Referans
Hidroksipropilmetil selüloz, sodyum kazeinat, bezelye proteini ve mısır	Gliserol	<i>Candida sake</i>	Üzümler	14 gün	(Marín, A.; Atarés, L.; Cháfer, M.; Chiralt, A., 2017)
Metilselüloz	Sorbitol ve sitrik asit	<i>Laktobasil plantarum</i>	Elmalar	90 gün	(Tavera-Quiroz ve ark., 2015)
Aljinat ve peynir altı suyu proteini	Gliserol	<i>Laktobasil rhamnosus</i>	Ekmek	7 gün	(Soukoulis, C.; Yonekura, L.; Gan, HH; Behboudi-Jobbeldar, S.; Parmenter, C., 2014)
Karboksümetil selüloz ve aljinat	–	bira mayası	Üzümler	13 gün	(Yinzhe, R.; Shaoying, Z., 2013).
Jelatin ve glikoz	Sorbitol ve sistein	<i>Lactobacillus acidophilus</i> ve <i>Bifidobacterium bifidum</i>	Balık tutmak	15 gün	(López De Lacey, A.M ve ark., 2012)
Mısır nişastası	–	yoğurt mayası	Ekmek	24 saat	(Altamirano-Fortoul, R. ve ark., 2012)

5. GÜNCEL VE GELECEK TRENDLER

Günümüzde gıda endüstrisinde kimyasal bileşiklerin kullanımını azaltmayı amaçlayan, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip doğal gıda bileşenlerinin kullanımına olan ilgi son zamanlarda artmıştır. Örneğin, birkaç yazar çeşitli kaynaklardan çıkarılan fenolik bileşiklerle yenilebilir filmlerin antioksidan kapasitesini değerlendirmiştir (Rodsamran, P.; Sothornvit, R. Olgun.,2018;Nogueira, GF; Fakhouri, F.,2019). Nogueira ve arkadaşları (Nogueira, GF; Fakhouri, FM.,2019), böğürtlen tozunun antioksidan aktivitesinin antosiyanin içeriğiyle ilişkili olduğunu ve ararot nişastası yenilebilir filmlerine eklendiğinde korunduğunu belirlemiştir; ayrıca tozun eklenmesiyle suda çözünürlük, su buharı geçirgenliği, böğürtlenlerin renk ve lezzet özellikleri korunmuştur.

Rodsamram ve Sothornvit (Rodsamran, P.; Sothornvit, R. Olgun.,2018), hindistancevizi proteini ve hindistancevizi suyuna dayalı, hindistancevizinin fenolik bileşiklerinin verdiği antioksidan aktiviteyi gösteren yenilebilir filmler geliştirmiştir; ayrıca, yenilebilir filmlerin kahverengi rengi UV ışığına karşı bir bariyer oluşturmuştur.

Assis ve arkadaşları (Assis, RQ; Pagno, CH.,2018), β -havuç karotenlerini bir tapyoka nişastası matrisinde çıkarıp kapsülleyerek antioksidan aktiviteye sahip ve çözünen madde taşınımını iyileştiren yenilebilir filmler elde etmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda %0-4 (h/h) dut yaprağı ekstraktının sodyum aljinat film özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, dut yaprağı ekstraktının konsantrasyonunun artması film kalınlığının arttığını ve film renginin yeşil ve sarı tonlarında yoğunlaştığını göstermiştir. Mekanik özellikler açısından, gerilme mukavemetinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Nem içeriği, suda çözünürlük ve su aktivitesi üzerinde ise belirgin bir etki görülmemekle birlikte, toplam fenolik içeriğinin arttığı ve en yüksek değerin %4 dut yaprağı ekstraktı kullanıldığında elde edildiği ifade edilmiştir (Kuan ve ark., 2020).

Rafflisan ve ark., (2021) yapmış oldukları çalışmada dut (*Morus nigra* L.) yaprağı ekstraktı polivinil alkol (PVA) bazlı filmlere ekleyerek elde edilen yenilebilir filmlerin özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Ayrıca, HCl ve gliserol, PVA bazlı filmlerin hazırlanmasında katkı maddesi olarak kullanımları açısından incelenmiştir. Sonuçlar, HCl ve gliserol kullanımının filmlerin görünüm bozukluğu açısından üzerinde minimum etkiye sahip olduğunu gösterirken, dut yaprağı ekstraktının, esas olarak yeşil pigmentlerin varlığı nedeniyle üretilen filmlere yeşil renk verdiğini göstermiştir. Sığır kıymaları üzerine yapılan çalışmada ürün raf ömrünü artırmak için farklı konsantrasyonlarda (%2, %4, %6 a/a) dut yaprağı metanolik ekstraktı kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki dut yaprağı metanolik ekstraktının, işlem görmüş sığır kıymasının mikrobiyolojik özelliklerini iyileştirdiği *S. aureus*, *B. cereus*, *E. faecalis* ve *E. coli* gibi önemli bakteri türlerinin sayısını azaltarak ürün raf ömrünü arttırdığı belirtilmiştir (Abdeldaiem ve ark., 2017).

Yapılan başka bir çalışmada *Morus alba* L. yapraklarından elde edilen etanolik ekstraktın (MLEE), perakende koşullarında soğutulmuş domuz etinin korunmasındaki performansı araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, MLEE'nin soğutulmuş domuz etinin raf ömrünü önemli ölçüde uzatabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, MLEE'nin et muhafazasında umut verici bir kaynak olabileceği noktasında yol göstermektedir (Cui ve ark., 2021).

Dash ve ark., (Dash, K. K., Ali, N. A., Das, D., & Mohanta, D.2019) limon atıklarını kullanarak yenilebilir film üretmişlerdir. Nanoteknoloji, gıda endüstrisindeki en ilginç ve gelecek vaat eden çalışma alanlarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Nano emülsiyonlar ve nano parçacıklar, yüzey alanını genişleterek meyve ve sebze korumasına yönelik kaplamaların bariyer özelliklerine ve işlevselliğine katkıda bulunabilir. Mikron altı yapılar, gıda gözeneklerinde ve yüzeyinde daha yüksek dağılım ve homojenlik sağlayarak birçok uygulamaya olanak sağlar (Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N.,2018).

Yenilebilir film ve kaplamalara uygulanan en son teknikler, antioksidanların, antimikrobiyallerin, fonksiyonel bileşenlerin, besinlerin, biyoaktif bileşiklerin, aromaların ve katkı maddelerinin mikrokapsülleme ve nanokapsülasyon yoluyla uygulanmasıdır. Gıdaların besin değeri açısından iyileştirilmesi için nanoteknoloji, nano ölçekli katkı maddeleri, besinler ve biyoaktif bileşikler

kullanılıyor. Aktif bileşiklerin yenilebilir kaplamalarla mikro ve nano kapsüllenmesi, bu bileşiklerin belirli koşullar altında kontrollü salınmasına yardımcı olur. Bu sayede gıdalar nemden, ısıdan veya diğer aşırı koşullardan korunabilir, stabiliteleri ve canlılıkları artırılabilir. Mohkam ve ark., (Mohkam, A. M.,2020) vitamin nanokapsülasyonu ile oluşturulan filmin özelliklerini incelemiştir. Mendez ve ark., (Mendez, E. J. S.& Rodrigueza, D. J.,2019) bitki ekstraktı ile birlikte antimikrobiyal bir nano-laminat kaplama geliştirmişlerdir.

6. SONUÇ

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, eski çağlardan beri gıdaların raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Bu sistemlerin etkinliğini artırmak için biyopolimerler ve küçük moleküller gibi katkı maddelerinin kullanılması oldukça etkili bir yöntemdir. Gıda ürünlerinde kullanılan bu filmlere antimikrobiyal ve antioksidan gibi bileşenlerin eklenmesi, mikrobiyal büyümeyi önleyerek veya yavaşlatarak bozulmayı önleyebilir. Benzoik asit, sodyum benzoat, sorbik asit, potasyum sorbat, propiyonik asit gibi antimikrobiyaller ve propil gallat, tokoferoller gibi antioksidanlar, gıdaların yüzeyinde daha etkili koruma

sağlamak için bu filmlere entegre edilebilir. Bu bileşikler, çok katmanlı kaplamalar, mikro-nano emülsiyonlar, mikrokapsüller ve lipozomlar şeklinde yenilebilir filmlere dahil edilebilir. Tekniklerin seçimi, birden fazla bileşenin belirli işlevsel özelliklerinden yararlanmak için yapılır. Bu sistemler, geniş bir ürün yelpazesinde kullanıldığında oldukça etkili sonuçlar verebilir. Yenilebilir film ve kaplama teknolojisi, gıda korumasında etkili olmanın yanı sıra çeşitli katkı maddelerinin taşınmasını sağlamasıyla da araştırma ve geliştirme için uygun bir alan sunmaktadır. Bu teknoloji, gıda ürünlerinin fiziksel korumasını ve raf ömrünü uzatmanın yanı sıra, antioksidanlar, antimikrobiyaller, renkler ve aromalar gibi aktif bileşenlerin etkili bir şekilde gıda yüzeyine taşınmasını sağlayarak fonksiyonel ambalajlama çözümleri sunar. Bu yöntemler, gıda endüstrisinde ürün kalitesi ve güvenliğini artırmak için sürekli olarak geliştirilmekte ve iyileştirilmektedir.

Probiyotikler, nutrasötikler, uçucu bileşikler gibi eklemeler ve diğer gıda koruma sistemleri ile birlikte kullanılan yenilikçi yaklaşımlar, bu teknolojilerin avantajlarını artırabilir. Bu sayede gelecekte gıda muhafazasında en etkili ve verimli yöntemlerden biri haline gelebilirler.

Yazar katkısı:

Fikir/Hipotez, Araştırma, Yürütücü/Danışman, E.Özbey; Veri İşleme, Veri Analizi, Görselleştirme, Yazma-İnceleme-Düzenleme, E.A. Güler. Tüm yazarlar makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar çatışması beyanı:

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

7. KAYNAKÇA

Abdeldaiem, M. H., Ali, H. G. M., & Foda, M. I. (2017). Improving the quality of minced beef by using mulberry leaves extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1681-1689.

Aguirre-Joya, J. A., De Leon-Zapata, M. A., Alvarez-Perez, O. B., Torres-León, C., Nieto-Oropeza, D. E., Ventura-Sobrevilla, J. M., ... & Aguilar, C. N. (2018). Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In *Food packaging and preservation* (pp. 1-61). Academic Press.

Ahmed, J., Mulla, M., Arfat, Y. A., Bher, A., Jacob, H., & Auras, R. (2018). Compression

molded LLDPE films loaded with bimetallic (Ag-Cu) nanoparticles and cinnamon essential oil for chicken meat packaging applications. *Lwt*, 93, 329-338.

Aldana, D.S., Ochoa, S.A., Aguilar, C.N., Esquivel, J.C.C., & Moorillon, G.V.N. (2015). Antibacterial activity of pectic-based edible films incorporated with Mexican lime essential oil. *Food Control*, 50, 907- 912.

Allegra, A., Inglese, P., Sortino, G., Settanni, L., Todaro, A., & Liguori, G. (2016). The influence of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on the quality of

- 'Hayward' kiwifruit slices. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 45-51.
- Alvarez, M. V., Ponce, A. G., & Moreira, M. R. (2018). Influence of polysaccharide-based edible coatings as carriers of prebiotic fibers on quality attributes of ready-to-eat fresh blueberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2587-2597.
- Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A.M., & Stading, M. (2002). Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(1), 81-92.
- Altamirano-Fortoul, R.; Moreno-Terrazas, R.; Quezada-Gallo, A.; Rosell, C.M. (2012). Ekmekteki bazı probiyotik kaplamaların canlılığı ve kabuğun mekanik özellikleri üzerindeki etkisi. *Gıda Hydrocoll.*, 29, 166-174.
- Aly, S. S., Mohamed, E. N., & Abdou, E. S. (2017). Research article effect of edible coating on extending the shelf life and quality of fresh cut taro. *American Journal of Food Technology*, 12, 24-131.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R.A. (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 35(6), 509-524.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Phatchrat, S., Tanaka, M. (2003). Chitosan affects transglutaminase-induced surimi gelation. *Journal of Food Biochemistry*, 27(1), 53-66.
- Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2011). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 22(12), 662-671.
- Bustos C, R. O., Alberti R, F. V., & Matiacevich, S. B. (2016). Edible antimicrobial films based on microencapsulated lemongrass oil. *Journal of food science and technology*, 53, 832-839.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K. (2010). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol* 46(4):849-875. <https://doi.org/10.1007/S11947-010-0434-1>.
- Cagri, A., Ustunol, Z., Ryser, E.T. (2001). Antimicrobial, mechanical, and moisture barrier properties of low pH whey protein-based edible films containing p-aminobenzoic or sorbic acids. *J. Food Sci.*, 66(6), 865-870.
- Cao, N., Fua, Y. and He, Y. (2002). Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. *LWT-Food Science and Technology* 35: 680-686.
- Cerqueira, M. A., Sousa-Gallagher, M. J., Macedo, I., Rodriguez-Aguilera, R., Souza, B. W., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2010). Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of "Regional" cheese. *Journal of Food Engineering*, 97(1), 87-94.
- Saavedra, S. C., Ventura-Aguilar, R. I., Bautista-Baños, S., & Barrera-Necha, L. L. (2020). Biodegradable chitosan coating for improving quality and controlling *Alternaria alternata* growth in figs. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 7(2), 115-125.
- Dangaran, K., Tomasula, P. M., & Qi, P. (2009). Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. In K. Huber, M. Embuscado (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Applications Springer, New York, NY*. 25-56.
- Dash, K.K., Ali, N.A., Das, D., & Mohanta, D. (2019). Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible films with nano-titania inclusions for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 449-458.
- Datta S., Janes M.E., Xue Q.G., Losso J., La Peyre J.F. (2008). Control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella anatum* on the surface of smoked salmon coated with calcium alginate coating containing oyster lysozyme and nisin, *Journal of Food Science*, 73(2), M67-M71.
- Davidović, S., Miljković, M., Tomić, M., Gordić, M., Nešić, A., & Dimitrijević, S. (2018). Response surface methodology for optimisation of edible coatings based on dextran from *Leuconostoc mesenteroides* T3. *Carbohydrate polymers*, 184, 207-213.
- Debeaufort, F., Martin-Polo, M. and Voilley, A. (1993). Polarity homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. *Journal of Food Science* 58: 426-434.

- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., Delporte, B., & Voilley, A. (2000). Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. *Journal of Membrane Science*, 180(1), 47-55.
- Dekker, M. (1994). Protein functionality in food systems, New York, USA, 525 p.
- Dhall, R.K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435-450.
- Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., & Banu, M.S. (2012). Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality Management*, 3, 9-17.
- Dong, M., Tian, L., Li, J., Jia, J., Dong, Y., Tu, Y., Liu, X., Tan, C. & Duan, X. (2022). Improving physicochemical properties of edible wheat gluten protein films with proteins, polysaccharides, and organic acid. *Lwt*, 154, 112868.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B. C., & Zhao, Y. (2011). Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest biology and technology*, 59(1), 71-79.
- Dursun, S., & Erkan, N. (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 3(4), 352.
- Eckert, J. W., & Kolbezen, M. J. (1977). Influence of formulation and application method on the effectiveness of benzimidazole fungicides for controlling postharvest diseases of citrus fruits. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 83, 343-352.
- Enriquez, M.; Velasco, R.; Ortíz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables a base de almidón. *Biotecnol. Sect. Agropecu. Agroind*, 10, 182-192.
- Fagundes, C.; Palou, L.; Monteiro, A.R.; Pérez-Gago, M.B. (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. *Sci. Hort.* 193, 249-257.
- Fagundes, C.; Palou, L.; Monteiro, A.R.; Pérez-Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 1-8.
- Fernandes, L. M., Guimarães, J. T., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Carvalho, C. W. P., ... & Silva, M. C. (2020). Edible whey protein films and coatings added with prebiotic ingredients. In *Agrifood industry strategies for healthy diets and sustainability* (pp. 177-193). Academic Press.
- Gbassi, G. K., Vandamme, T., Ennahar, S., & Marchioni, E. (2009). Microencapsulation of Lactobacillus plantarum spp in an alginate matrix coated with whey proteins. *International journal of food microbiology*, 129(1), 103-105.
- Ganiari, S., Choulitoudi, E., & Oreopoulou, V. (2017). Edible and active films and coatings as carriers of natural antioxidants for lipid food. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 70-82.
- Gennadios, A. (2002). *Protein-based Films and Coatings*, 672.
- Gennadios, A., Hanna, M. A., & Kurth, L. B. (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT-Food science and Technology*, 30(4), 337-350.
- Guilbert S. (1988). Use of superficial edible layer to protect intermediate moisture foods: Application to the protection of tropical fruit dehydrated by osmosis. In: Seow CC (ed) *Food Preservation by Moisture Control, Elsevier Applied Science Publishers Ltd, London, p. 119-219*.
- Guimaraes, A., Abrunhosa, L., Pastrana, L.M., Cerqueira, M.A. (2018). Edible films and coatings: Characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237-248.
- Hamzah, H. M., Osman, A., Tan, C. P., & Ghazali, F. M. (2013). Carrageenan as an alternative coating for papaya (Carica papaya L. cv. Eksotika). *Postharvest Biology and Technology*, 75, 142-146.
- Han, J. H. (2002). Protein-based edible films and coatings carrying antimicrobial agents. *Protein-based films and coatings*, 485-499.

- Hernández-López, G., Ventura-Aguilar, R. I., Correa-Pacheco, Z. N., Bautista-Baños, S., & Barrera-Necha, L. L. (2020). Nanostructured chitosan edible coating loaded with α -pinene for the preservation of the postharvest quality of *Capsicum annuum* L. and *Alternaria alternata* control. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1881-1888.
- Hong, S.-I., Krochta, J. M. (2006). Oxygen barrier performance of whey-protein-coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 739-745.
- GÖKMEN, H. I. Ş. D. S. (2013). Gıda endüstrisinde kullanılan yenilebilir kaplamalar üzerine bir araştırma. *Electronic Journal of Food Technologies*, 8(1), 26-35.
- Jafari, S. M., Bahrami, I., Dehnad, D., & Shahidi, S. A. (2018). The influence of nanocellulose coating on saffron quality during storage. *Carbohydrate polymers*, 181, 536-542.
- Janjarasskul, T., & Krochta, J. M. (2010). Edible packaging materials. *Annual review of food science and technology*, 1(1), 415-448.
- Kalaycıoğlu, Z., Torlak, E., Akın-Evingür, G., Özen, İ.F., & Erim, F.B. (2017). Antimicrobial and physical properties of chitosan films incorporated with turmeric extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 882-888.
- Kalem, I. K., Bhat, Z. F., Kumar, S., Noor, S., & Desai, A. (2018). The effects of bioactive edible film containing *Terminalia arjuna* on the stability of some quality attributes of chevon sausages. *Meat Science*, 140, 38-43.
- Kanatt, S. R., & Chawla, S. P. (2018). Shelf life extension of chicken packed in active film developed with mango peel extract. *Journal of Food Safety*, 38, 1-12.
- Karkar, B., Şahin, S., Bekiz, D., Akça, B., & Özakin, C. (2023). Evaluation of antioxidant films of chitosan with *Aquilaria agallocha* extract as packaging material. *Journal of Food Science*, 88(6), 2571-2582.
- Kuan, Y. L., Sivanasvaran, S. N., Pui, L. P., Yusof, Y. A., & Senphan, T. (2020). Physicochemical Properties of Sodium Alginate Edible Film Incorporated with Mulberry (*Morus australis*) Leaf Extract. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 43(3).
- Licciardello, F., Lombardo, S., Rizzo, V., Pitino, I., Pandino, G., Strano, M. G., ... & Mauromicale, G. (2018). Integrated agronomical and technological approach for the quality maintenance of ready-to-fry potato sticks during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 23-30.
- Lin, M. G., Lasekan, O., Saari, N., & Khairunniza-Bejo, S. (2017). The effect of the application of edible coatings on or before ultraviolet treatment on postharvested longan fruits. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 5454263.
- De Lacey, A. L., López-Caballero, M. E., Gómez-Estaca, J., Gómez-Guillén, M. C., & Montero, P. J. I. F. S. (2012). Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 277-282.
- Marín, A., Atarés, L., Cháfer, M., & Chiralt, A. (2017). Properties of biopolymer dispersions and films used as carriers of the biocontrol agent *Candida sake* CPA-1. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 60-69.
- Mate, J. I., & Krochta, J. M. (1996). Whey protein coating effect on the oxygen uptake of dry roasted peanuts. *Journal of Food Science*, 61(6), 1202-1206, 1210.
- McHugh, T. H., & Krochta, J. M. (1994). Sorbitol - vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 42(4), 841-845.
- Vukić, M., Grujić, S., & Odzaković, B. (2017). Application of edible films and coatings in food production. *Advances in Applications of Industrial Biomaterials*, 121-138.
- Milani, J., & Maleki, G. (2012). Hydrocolloids in food industry. *Food industrial processes—Methods and equipment*, 2, 2-37.
- Mirzaei-Mohkam, A., Garavand, F., Dehnad, D., Keramat, J., & Nasirpour, A. (2020). Physical, mechanical, thermal and structural characteristics of nanoencapsulated vitamin E loaded carboxymethyl cellulose films. *Progress in Organic Coatings*, 138, 105383.

- Muppalla, S. R., & Chawla, S. P. (2018). Effect of Gum Arabic-polyvinyl alcohol films containing seed cover extract of *Zanthoxylum rhetsa* on shelf life of refrigerated ground chicken meat. *Journal of Food Safety*, 38(4), e12460.
- Nisperos-Carriedo, M. O., Shaw, P. E., & Baldwin, E. A. (1990). Changes in volatile flavor components of pineapple orange juice as influenced by the application of lipid and composite films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(6), 1382-1387.
- Noor, S., Bhat, Z. F., Kumar, S., & Mudiyansele, R. J. (2018). Preservative effect of *Asparagus racemosus*: A novel additive for bioactive edible films for improved lipid oxidative stability and storage quality of meat products. *Meat science*, 139, 207-212.
- Senturk Parreidt, T., Schmid, M., & Müller, K. (2018). Effect of dipping and vacuum impregnation coating techniques with alginate based coating on physical quality parameters of cantaloupe melon. *Journal of food science*, 83(4), 929-936.
- Pavlath, A. E., & Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how?. *Edible films and coatings for food applications*, 1-23.
- Pérez, A.G. Química II—Un Enfoque Constructivista, (2007). 1st ed.; Quintanar, D.E., Ed.; Pearson Educación de México, S.A. de C.V.: Mexico City, Mexico, ISBN 9789702608448.
- Pérez-Guzmán, C. J., & Castro-Muñoz, R. (2020). A review of zein as a potential biopolymer for tissue engineering and nanotechnological applications. *Processes*, 8(11), 1376.
- Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in food science & technology*, 48, 51-62.
- Rafflismann, N. S., Mah, S. K., Lee, S. Y., Yee, K. S. P., & Chowdhury, S. (2021, October). The impact of the mulberry (*Morus nigra* L.) leaf extract on the physicochemical properties of poly (vinyl alcohol) blend films. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1195, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Rangel-Marrón, M., Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2019). Effects of alginate-glycerol-citric acid concentrations on selected physical, mechanical, and barrier properties of papaya puree-based edible films and coatings, as evaluated by response surface methodology. *Lwt*, 101, 83-91.
- Ryu, S. Y., Rhim, J. W., Roh, H. J. and Kim, S. S. (2002). Preparation and Physical Properties of Zein-Coated High-Amylose Corn Starch Film, *LWT - Food Science and Technology* 35: 680-686.
- SChillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Del Nobile, M. A. (2008). Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88(2), 159-168.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E., & Regalado, C. (2014). Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 248935.
- Selby, H.H.; Whistler, R.L. Agar (1993). In *Industrial Gums-Polysaccharides and Their Derivatives*; Whistler, R.L., BeMiller, J.N., Eds.; Academic Press Inc.: London, UK; pp. 87-103. ISBN 0127462538.
- Sharma, P., Shehin, V., Kaur, N., Vyas, P. (2019). Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: a review. *International Journal of Vegetable Science*, 25(3), 295-314.
- Shit, S.C.; Shah, P.M. (2014). Edible polymers: *Challenges and opportunities. J. Polym.*, 1-13.
- Singh, G., Singh, S., Kumar, B., & Gaikwad, K. K. (2021). Active barrier chitosan films containing gallic acid based oxygen scavenger. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 585-593. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00669-w>
- Soukoulis, C., Yonekura, L., Gan, H. H., Behboudi-Jobbehdar, S., Parmenter, C., & Fisk, I. (2014). Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. *Food Hydrocolloids*, 39, 231-242.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of

- refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food control*, 22(3-4), 608-615.
- Soukoulis, C., Behboudi-Jobbehdar, S., Macnaughtan, W., Parmenter, C., & Fisk, I. D. (2017). Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG incorporated in edible films: Impact of anionic biopolymers and whey protein concentrate. *Food hydrocolloids*, 70, 345-355.
- Sürengil, G., (2014). *Defne (Laurus nobilis) ve Fesleğen (Ocimum basilicum) Ekstraktları Kullanılarak Üretilen Yenilebilir Filmlerin Alabalık (Oncorhynchus mykiss) Filetolarına Etkilerinin Tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 30-48. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Takala, P. N., Vu, K. D., Salmieri, S., Khan, R. A., & Lacroix, M. (2013). Antibacterial effect of biodegradable active packaging on the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in fresh broccoli stored at 4 C. *LWT-Food Science and Technology*, 53(2), 499-506.
- Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Mahunu, G. K., Arslan, M., Abdalhai, M., & Zhihua, L. (2019). Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate polymers*, 224, 115141.
- Tavera-Quiroz, M. J., Romano, N., Mobili, P., Pinotti, A., Gómez-Zavaglia, A., & Bertola, N. (2015). Green apple baked snacks functionalized with edible coatings of methylcellulose containing *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Functional Foods*, 16, 164-173.
- Tufan M. (2018). *Ayçiçeği Sapından Yenilebilir Cmc Film Üretimi Ve Karakterizasyonu* (Doctoral Dissertation, Anadolu University (Turkiye)).
- Tural, S., & Turhan, S. (2017). Properties of edible films made from anchovy by-product proteins and determination of optimum protein and glycerol concentration by the TOPSIS method. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(6), 640-654.
- Tyburcy, A., & Kozyra, D. (2010). Effects of composite surface coating and pre-drying on the properties of kabanosy dry sausage. *Meat Science*, 86(2), 405-410.
- Tzoumaki, M. V., Biliaderis, C. G., & Vasilakakis, M. (2009). Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry*, 117(1), 55-63.
- Vargas-Torres, A., Becerra-Loza, A. S., Sayago-Ayerdi, S. G., Palma-Rodríguez, H. M., de Lourdes García-Magaña, M., & Montalvo-González, E. (2017). Combined effect of the application of 1-MCP and different edible coatings on the fruit quality of jackfruit bulbs (*Artocarpus heterophyllus* Lam) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 214, 221-227.
- Voet, D.; Voet, J.G.; Pratt, C. (2009). *Fundamentos de Bioquímica-La Vida a Nivel Molecular, 2nd ed.; Editorial Medica Panamericana: Buenos Aires, Argentina.*
- Yinzhe, R.; Shaoying, Z. (2013). Effect of carboxymethyl cellulose and alginate coating combined with brewer yeast on postharvest grape preservation. *ISRN Agron. 2013*, 1-7.
- Wang, C., Killpatrick, A., Humphrey, A., & Guo, M. (2019). Whey protein functional properties and applications in food formulation. *Whey protein production, chemistry, functionality, and applications*, 157-204.
- Williams, P.A.; Phillips, G.O. (2009). Introduction to food hydrocolloids. In *Handbook of Hydrocolloids*; Woodhead Publishing Limited: *New Delhi, India*; pp. 1-22.
- Zhang, Y., Rempel, C., & McLaren, D. (2014). Thermoplastic Starch, In J. H. Han (Ed.), *Innovations in Food Packaging, TX. Elsevier Ltd., Plano*, 305-323.