

YENİLEBİLİR FİLMLER VE PEYNİR TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

Ash ÇELİKEL¹, Mutlu Buket AKIN²

¹ Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,

mutluakin@harran.edu.tr

² Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü,

acelikel2@gmail.com

Geliş Tarihi/Received:

22.10.2017

Kabul Tarihi/Accepted:

30.11.2017

Yayın Tarihi/Published:

27.12.2017

ÖZ

Gıda güvenliği ve kalite kavramındaki gelişmelerle birlikte, az işlem görmüş, kolay hazırlanabilen, tüketime hazır, ambalajlanmış gıdalara olan talebin artmasıyla beraber depolama süresince meydana gelen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişikliklerin önlenmesi ve/veya geciktirilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan yenilebilir film ambalajlar doğada biyolojik olarak çözünebilir özelliğine sahiptir. Yenilebilir film ambalajlar genel olarak bileşenlere göre sınıflandırılmaktadır. Film bileşiminde kullanılan materyaller ve bu materyallerin miktarları yenilebilir filmlerin özelliklerine etki etmektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda polisakarit bazlı yenilebilir filmlerin zayıf su buharı ve gaz geçirgenliği, protein bazlı filmlerin düşük oksijen geçirgenliği ve lipid bazlı yenilebilir filmlerin kırılabilir bir yapı özelliklerine sahip oldukları bildirilmiştir. Çeşitli kombinasyonlarla da kullanılan yenilebilir film kaplamalara antimikrobiyal bileşenler ilave edilerek ürünlerin raf ömrü ve kalitesi artırılmaktadır. Yenilebilir film kaplamalar gıdalardaki su ve aroma kaybının azaltılmasını, renk bozulmalarının geciktirilmesini, gaz transferinin yavaşlatılmasını ve darbelerle karşı korunmasını sağlamaktadır. Ayrıca yenilebilir filmlerin içerisine ilave edilen komponentler ile duyu özelliklerinin ve besin değerinin artırılmasına da yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada yenilebilir film kaplama çeşitleri ve peynir teknolojisindeki uygulamaları anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir film kaplama, peynir, fizikokimyasal özellik, mikrobiyolojik özellik.

EDIBLE FILMS AND USE IN CHEESE TECHNOLOGY

ABSTRACT

Along with the developments in the concept of food safety and food quality and the increase in demand to less processed, easily prepared, ready to use and packaged food, various methods are used for preventing and / or delaying the physical, chemical and microbiological changes that occur during the storage. One of these methods is edible film packages, which is biodegradable in nature. Edible film packages are generally classified by ingredients. The materials used in the film composition and the amounts of these materials influence the properties of the edible films. Several studies have reported that polysaccharide-based edible films have poor water vapor and gas permeability, protein-based films have low oxygen permeability, and lipid-based edible films have a fragile structure. The shelf life and the quality of the products are increased by adding edible film coating antimicrobial components, which are also used in various combinations. The edible film coatings reduce the loss of water and aroma in the food, retard color discolorations, slow down gas transfer and protect against crushing. It also helps increase the sensory qualities and nutritional value of the edible films with the added components. In this study, various types of edible film coatings and applications in cheese technology are explained.

Key Words: Edible film coating, cheese, physicochemical property, microbiological property.

1. GİRİŞ

Gıda güvenliği ve kalite kavramındaki gelişmelerle birlikte, az işlem görmüş, kolay hazırlanabilen, tüketime hazır, ambalajlanmış gıdalara olan talep artmıştır (Karagöz ve Candoğan, 2007: 113). Ayrıca depolama süresince meydana gelen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişiklerin önlenmesi ve/veya geciktirilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar ısıtma veya soğutma gibi sıcaklık değişimi, su aktivitesinin düşürülmesi, kürlenme, tuzlama, pH kontrolü, antimikrobiyal madde ilavesi, kontrollü atmosferde depolama ve ambalajlama gibi çeşitli yöntemlerdir (Cha ve Chinnan, 2004: 223).

Ambalaj, içerisinde bulunan materyali olumsuz fiziksel şartlardan korumak ve raf ömrünü uzatmak ve tüketicinin bilgilendirilmesi için kullanılmaktadır. Gıda ambalajlama sistemi uygun ambalaj materyali seçimine, yani gaz ve su buharı geçirgenliği özelliği ile ürünün kimyasal ve mikrobiyolojik etkenlerden korunması gibi faktörlere dayanmaktadır (Baldwin, 1999: 577). Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle ürünlerin özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması etkin bir şekilde sağlanmıştır (Brody, 2001: 82).

Ürüne koruma amaçlı olarak ambalaja ekstra özellikler kazandırılması aktif ambalajlama olarak adlandırılmaktadır (Brody, 2002: 70). Aktif ambalajlar oksijen ve etilen tutucu, karbondioksiti tutan veya salan, nem tutucu veya düzenleyici, antimikrobiyal aktiviteye sahip ambalajlar ile antioksidan salan, aroma ve koku maddelerini absorbe eden veya salan ve biyolojik olarak çözünebilen özellikteki ambalajlardır (Floros vd., 1997: 10; Han, 2000: 56). Böylelikle ürünü çevresinden aktif bir şekilde koruyabilmekte yada ambalaja temel fonksiyon ilavesi yapılabilmektedir. Ayrıca çevre ile etkileşim içindeki ambalaj ile ürünün raf ömrü uzar, gıda güvenliği sağlanır, duyuşsal özellikleri korunur. Aktif ambalajlamanın bir formu kaplamalar olan yenilebilir filmlerdir. Kaplamalar ve Yenilebilir filmler doğal veya kimyasal, antimikrobiyal ajanlar, antioksidanlar, enzim ya da probiyotikler, mineraller ve vitaminler gibi işlevsel bileşenler dâhil etmek için bir araç olarak kullanılabilir (Bifani vd., 2007: 1473; Vargas vd., 2008: 496).

2. YENİLEBİLİR FİLM ÇEŞİTLERİ VE UYGULAMALARI

2.1. Yenilebilir Film Çeşitleri

Yenilebilir filmler, film oluşturabilen materyallerden üretilir ve üretim sırasında bu materyaller su, alkol, alkol-alkol veya su-alkol karışımı ya da diğer çözücülerde çözülmüş ya da dağılmış halde bulunurlar. Üretim sırasında yenilebilir filmlerin içerisine plastikleştiriciler, antimikrobiyal ajanlar, renk ve lezzet maddeleri eklenebilir. Daha sonra pH ayarlanması ve sıcaklık uygulaması gibi işlemlerden geçirilerek uygun sıcaklıkta ve bağıl nemde kurutulur. Yenilebilir filmler gıdaya uygulaması sırasında daldırma, püskürtme, fırçalama gibi yöntemler uygulanır.

Yenilebilir filmler bileşenlerinin yapısı dikkate alınarak üç kategoride sınıflandırılır. Hidrokolloidler (proteinler, polisakkaritler veya aljinatlar içeren), lipidler (yağ asitleri veya mumlar tarafından oluşturulan) ve kompozitler (her iki kategoriye ait birleşenleri birlikte içeren) olarak sınıflandırılır (Donhowe ve Fennema, 1994: 1). Ayrıca yenilebilir filmler polisakkarit, yağ ve protein filmler olarak da sınıflandırılmaktadır (Kester ve Fennema, 1986: 47).

2.1.1. Polisakkarit Kökenli Yenilebilir Filmler

Yenilebilir film ve kaplamalar için kullanılan polisakkaritler selüloz, nişasta türevleri, pektin türevleri, gumlar ve kitosandır (Krochta ve Mulder-Johnston, 1997: 61). Polisakkaritler hidrofilik özellikleri nedeniyle zayıf su buharı ve gaz geçirgenliğine sahiptir. Böylece gıdanın nem kaybını önlemektedir (Kester ve Fennema, 1986: 47).

Selüloz D-glukoz birimlerinin β -1.4 glikosidik bağ ile bağlanmasıyla oluşur. Bu yapıda hidroksimetil gruplarının anhidro-glikoz birimi polimer omurgasının üstünde veya altında yer alır. Bunun sonucunda yüksek kristalimsi yapı, çok sıkı polimer zincirli ve suya karşı direnç gösteren ambalaj oluşur.

Selüloz türevleri, metil, hidroksipropil ya da karboksil birimleri ile ikame eden polisakkaritlerdir. Sadece dört selüloz türevi formu yenilebilir film kaplamada kullanılır. Bunlar hidroksipropil metil selüloz (E464, HPMC), karboksimetil selüloz (E466, CMC), metil selüloz (E461, MC) ve hidroksipropil selülozdur (HPC E463). Selüloz türevlerinin süspansiyonları ısıtıldıklarında termo-jelasyon özellik gösterir ve, soğutulduklarında jel oluştururlar (Murray, 2000: 219).

Kitin, selülozdan sonra doğada en bol bulunan ikinci biopolimerdir. Kitin molekülü β -1.4 bağıyla bağlı iki N-Asetilglukozamin biriminin tekrarlanmasıyla oluşan uzun zincir yapısı gösterir. Kitinin bir formu olan kitosan, antifungal ve antibakteriyal özellik göstermektedir (Tharanathan ve Kittur, 2003: 61; Muzzarelli, 1996: 309).

Nişasta, biyolojik olarak kısmen ya da tamamen parçalanabilen plastik polimer yerine biyolojik olarak parçalanabilen filmler üretmek için kullanılmaktadır (Xu vd., 2005: 185). Nişastadan üretilen film saydam veya yarı saydam, yavan, tatsız ve renksizdir (Myllärinen vd., 2002: 41). Yaygın olarak kullanılan nişasta kaynaklarının başında buğday, patates, mısır ve pirinç gelmektedir.

Gamlar, glikozdan başka şekerlerden oluşan polisakkaritlerdir. Sıcak veya soğuk suda çözünebilen farklı formları bulur. Yenilebilir filmlerde guar gam; su bağlayıcı, stabilizatör ve viskozite arttırıcı özellikleri ile kullanılmaktadır. Mesquite gam ise az miktarda lipide eklenmesiyle mükemmel su buharı bariyer özelliklerine sahip filmler oluşmaktadır (Díaz-Sobac vd., 2002: 129).

Pektin, kimyasal olarak polisakkarittir, galakturonik asit moleküllerinin birbirlerine düz zincir halinde birleşmesi ile oluşan; meyve ve sebzelerde bulunan bir bileşiktir. Pektinin şekerle birlikte jel oluşturma özelliğine sahip olması gıda endüstrisinde kalınlaştırıcı ajan olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

2.1.2. Lipid Kökenli Yenilebilir Filmler

Yenilebilir film kaplamada kullanılan lipid bileşikleri asetillenmiş monogliseritler, mumlar ve reçinelerden oluşur. Peynir altı suyu proteini ve pekinden hazırlanan kaplamalarda su buharı geçirgenliği özelliklerinin geliştirilmesi için kaplamaya mumlar ilave edilmektedir (Koyuncu ve Savran, 2002: 73).

Lipid kökenli yenilebilir film kaplamanın en önemli özelliği nispeten düşük polaritesi nedeniyle nem transferini bloke etmesidir. Fakat lipid kökenli yenilebilir film kaplamalar hidrofobik özelliğinden dolayı daha kalın ve daha kırılğan bir film oluşturur. Bu nedenle genel olarak proteinler ya da selüloz türevleri gibi film oluşturuçularla kombine olarak kullanılırlar (Debeaufort vd., 1993: 426).

Genel olarak yenilebilir lipid kaplamada hidrofobik faz konsantrasyonu su buharı geçirgenliği azalmaktadır. Bu nedenle lipid bazlı filmler genellikle, mekanik mukavemet sağlamak için bir polisakkarit ile desteklenir. Gıda sanayinde daha çok meyve ve sebzelerde yüzey parlaklığını sağlamak için de kullanılmaktadırlar (Koyuncu ve Savran, 2002: 73).

Reçineler, ağaç ve çalıların özelleşmiş bitki hücrelerinin yaralanmaya bir tepki olarak ürettikleri asit karakterdeki maddelerdir. Gıda sanayinde yaygın olarak kaplama materyali olarak şellak reçinesi kullanılır. Şellak reçinesi, *Lacifer lacca* böceği tarafından üretilir ve kaplama materyali olarak ürüne parlaklık kazandırmak amacıyla kullanılır. Tahta reçinesi çam ağaçlarından elde edilir ve turunçgil meyvelerini kaplamak için kullanılır (Koyuncu ve Savran, 2002: 73).

2.1.3. Proteinler Kökenli Yenilebilir Filmler

Protein kökenli maddeler, kaplamalar olarak en az geliştirilen materyallerdir, çünkü protein kaplamalar, genellikle hidrofilik yapıda ve nem absorpsiyonuna duyarlıdır. Bu nedenle nem ve sıcaklıktan çok fazla etkilenirler. Film oluşturuçular olarak kullanılan bitkisel kökenli proteinler, mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini, yer fıstığı proteini ve çığıt proteinidir (Koyuncu ve Savran, 2002: 73).

Protein kökenli kaplamalar etkili nem bariyerleri olmadıkları için meyve ve sebzelere başarılı bir şekilde uygulanamamıştır. Bu nedenle süt proteinlerinin iyi gaz bariyerleri olduğu, fakat nem geçirgenliklerinin yüksek olması nedeniyle lipidlerle birlikte karma kaplamalarda kullanıldıkları belirtilmiştir (Koyuncu ve Savran, 2002: 73; Sothornvit ve Krochta, 2000: 6298)

Peynir altı suyu proteinlerinin içerdikleri disülfit bağları yapılarını dayanıklı hale getirmektedir. Proteinlerinin ısı ile denatürasyonu sonucunda, sülfidril grupları okside olmakta ve tiuol-disülfit değişimi ile polimerizasyon oluşmaktadır. Polimerizasyon sırasında oluşan kovalent disülfit bağları sayesinde suda çözünmeyen yenilebilir filmlerin oluşturulmaktadır (Yılmaz vd., 2007: 59).

Peynir altı suyu proteinlerinden üretilen yenilebilir filmler şeffaf, esnek, renksiz, yavan tatta ve düşük nem geçirgenliğine sahiptirler (Mc Hugh ve Krochta, 1994: 97). Ayrıca protein bazlı filmler düşük oksijen geçirgenliğine ve koku geçirgenliğini engelleme özelliğine sahiptirler (Miller ve Krochta, 1997: 228); Hong ve Krochta, 2003: 224). Yapıyı yumuşatıcı madde ilavesi olmadan üretilen peynir altı suyu proteini film tabakaları çok kırılmalıdır. Bu nedenle plastikleştirici ilavesiyle filme esneklik sağlanır ve aynı zamanda su buharı geçirgenliğini artırılır. Su buharı geçirgenliği aynı zamanda, lipid olarak hidrofobik malzemelerin eklenmesi ile geliştirilebilir (Perez-Gago ve Krochta, 1999: 695). Ancak yapılan lipid ilavesi filmin duyuusal özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir.

2.2. Yenilebilir Film Kaplama Uygulamaları

Yenilebilir film kaplamaların ürüne uygulanmasında püskürtme, daldırma ve dökme gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler uygulanacak ürüne göre seçilmekte ve kombine edilmektedir.

Yenilebilir kaplamaların hazırlanmasında kullanılan bileşenler kaplamanın niteliğini değiştirirler. Lipid kökenli kaplamaların kırılabilirliğinin azaltılması için lipid olmayan destek maddesine ihtiyaç duyulur. Pektinden yapılan kaplamalar ise genellikle hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptir ve özellikleri parafin ve balmumunun ilavesiyle geliştirilebilmektedir (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997: 61; Debeaufort vd., 1998: 299). Yenilebilir film kaplamanın özellikleri; hazırlama teknolojisi, kaplamaya direnç ve esneklik veren plastikleştiricilerin ve diğer katkı maddelerinin seçimi, uygulanan teknik ve kaplama kalınlığı kaplamanın son özellikleri üzerine etkilidir (Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997: 61; Debeaufort vd., 1998: 299).

3. PEYNİRLERDE YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMA UYGULAMALARI

Oliveria ve ark., (2007: 147) %2 ve %4 oranında natamisin içeren selüloz esaslı filmleri Gorgonzola peynirine uygulamış ve filmlerin *Penicillium roqueforti* (*P. roqueforti*) üzerine antimikrobiyal etkinliğini incelemişlerdir. Uygulama sonunda natamisin içeren selüloz filmle kaplanmış peynirlerin, kontrolden daha az küflendiği gözlenmiştir.

Santos ve ark., (2008: 375) nisin, natamisin ve nisin+natamisin içeren selüloz esaslı filmler üretmişler ve bu filmlerin dilimlenmiş Mozzarella peynirindeki *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC 6538, *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*) ATCC 15313, *Penicillium* spp. ve *Geotrichum* spp. üzerine antimikrobiyal etkilerini incelemişlerdir. Natamisin içeren filmler, *Penicillium* spp. ve *Geotrichum* spp. üzerine antimikrobiyal etki göstermiştir. Nisin-natamisin içeren selüloz filmin *Penicillium* spp. üzerine antimikrobiyal etkisi olduğu belirlenmiştir. Nisin içeren selüloz filmlerde, filmde örneğe nisin difüzyon hızının çok yavaş olmasından dolayı *S. aureus* ATCC 6538 üzerine antimikrobiyal etki görülmemiştir.

Ayana ve Turhan (2009: 461) tarafından Kaşar peynirindeki *S. aureus* gelişimini engellemek için zeytin yaprağı ekstresi içeren metilselüloz esaslı filmler, dilimlenmiş kaşar peyniri örneklerine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda %1.5 zeytin yaprağı ekstraktı içeren metilselüloz esaslı film ile kaplanmış Kaşar peyniri dilimlerinde *S. aureus* sayısı %24.5 oranında azalmıştır.

Cerqueira ve ark. (2009: 1456) Kitosan, galactomannan (*Gleditsia triacanthos*), agar (*Glacilaria birdiae*), plastikleştirici ve mısır yağı içeren farklı kombinasyondaki filmlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiş en iyi film özelliğine sahip kombinasyonun %1.5 galactomannan (*Gleditsia triacanthos*), %2 gliserol ve %0.5 mısır yağı içeren film olduğunu tespit etmişlerdir.

Di Pierro ve ark., (2010: 2324) kitosan ve peynir altı suyu proteini içeren yenilebilir film kaplı Ricotta peynirinde yaptıkları çalışmada örneklerin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, peynir örneklerinin depolanması boyunca pH değerlerinde önemli bir

değişiklik gözlenmemiştir. Ancak depolamanın ilk iki haftası titre edilebilir asitlik, kontrol örneğine göre artış gösterirken daha sonraki dönemde önemli bir değişiklik izlenmemiştir. Araştırmada canlı laktik asit bakterileri ile mezofilik ve psikrotrofik mikroorganizma sayılarında kontrole kıyasla önemli bir değişiklik olmadığını tespit edilmiş ve taze süt ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için kitosan / peynir altı suyu proteini kaplamanın depolamada olumlu etkileri olduğunu belirtilmiştir.

Hoang ve ark., (2010: 940) yüzeyine ve iç kısmına *Listeria innocua* (*L. innocua*) inoküle edilen peynirleri nisin (1000 IU/cm²) içeren sodyum kazeinat film ile kaplayarak antimikrobiyal etkinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada yüzeye aşılansın peynir örneklerinde *L. innocua* sayılarında 1.1 log CFU / g azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Derin aşılansın peynir numuneleri ile ilgili olarak, antimikrobiyal etki düzeyi yüzeye olan uzaklıkla ilişkilendirilmiştir.

Fajardo ve ark., (2010: 349) kitosan ve natamisin içeren yenilebilir film kaplı Saloio peynirinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemiştir. Çalışmada depolama boyunca yenilebilir film kaplı peynirlerin nem değişimlerini önemi bulunmuştur. Depolamanın ilk haftasında kitosan ve natamisin kaplı peynirler sadece kitosan kaplı filmlere göre daha az nem kaybına sahipken depolama sonunda nem içeriklerindeki değişim önemsiz bulunmuştur. Mikrobiyolojik analizler, natamisin kaplı numunelerin, 27 günlük depolamadan sonra kontrol ile karşılaştırıldığında küf/maya sayısında 1.1 log (CFU⁻¹)' luk bir azalma sunduğunu ortaya koymuştur.

Martins ve ark., (2010: 1884) nisin ve *Gleditsia triacantos* 'tan üretilen galaktomannan yenilebilir kaplamaların Ricotta peynirinin raf ömrünün uzatılması üzerine yaptıkları bir çalışmada peynir üzerine aşılansın *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar, nisin ve galaktomannan içeren yenilebilir film kaplamanın peynirde mikrobiyal çoğalmayı engellediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca nisin ilavesinin filmlerin fiziksel ve mekanik özeliğini etkilediğini belirlemiştir.

Torlak ve Nizamlioğlu, (2011: 125) yaptıkları çalışmada kekik ve karanfil uçucu yağları ve kitosan içeren yenilebilir filmlerin *S. aureus* ve, *Escherichia coli* O157:H7 (*E. coli* O157:H7) 'ye karşı antimikrobiyal etkinliklerini araştırmışlar ve tüm film tiplerinin antimikrobiyal etkinliği önemli düzeyde olduğunu bulmuşlardır.

Ture ve ark., (2011: 154) natamisin (NA) içeren buğday gluteni (WG) ve metil selüloz (MC) biyopolimerlerden üretilen yenilebilir film kaplamaların taze kaşar peyniri yüzeyindeki *Aspergillus niger* (*A. niger*) ve *P. roqueforti*'ye karşı etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 5-20 mg/10 g NA içeren MC filmler *A. niger* sayısının 2 log/g düşürdüğünü ve 2mg/10g NA içeren WG içeren film kaplamanın peynir yüzeyindeki *A. niger* 'in yok ettiğini tespit etmişlerdir. Ancak, NA içeren MC ve WG filmlerin peynir yüzeyindeki *P. roqueforti* sayısında belirgin bir düşüşe neden olmadığını belirtmişlerdir.

Peynir altı suyu proteini izolatu, gliserol, guar sakızı, ayçiçeği yağı ve tween 20 bazlı yenilebilir film matrisine antimikrobiyal özeliğe sahip chitooligosakkarid, natamisin ve laktik asit ilave edilerek hazırlanan yenilebilir film kaplamaların peynirde depolama boyunca oluşturduğu fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada peynir üzerine kaplama uygulanmasının, su kaybı, sertlik ve renk değişikliğini azalttığı; ancak tuz ve yağ içeriğini önemli ölçüde etkilemediğini tespit edilmiştir. Ayrıca antimikrobiyal madde içeren yenilebilir kaplamalar, patojenik veya kirlenici mikroorganizmaların çoğalmasına izin vermezken, depolama boyunca laktik asit bakterilerinin düzenli çoğalmasına izin verdiği bildirilmiştir. (Ramos vd., 2012: 6282).

Mei ve ark., (2013: 17) farklı oranlarda amiloz içeriğine sahip nişasta bileşenleri (mongo fasulyesi nişastası ve su kestanesi nişastası) ve kitosan içeren yenilebilir filmlere perilla yağı ve gliserol ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada gliserol ilaveli filmlerin düşük nem içeriği, çözünürlük ve mekanik özellik gösterirken düşük renk farklılıkları tespit edilmiştir. Ayrıca mongo fasulyesi nişastası ve kitosan içeren filmlerde su kestanesi nişastası ve kitosan içeren filmlere göre daha yüksek nem içeriği, su buharı geçirgenliği, renk farklılığı belirlenmiştir. Moğol peynirine uygulanan filmlerde depolama boyunca

yapılan incelemede su kestanesi nişastası, kitosan ve perilla yağı içeren yenilebilir filmin mikroorganizma gelişimini yavaşlattığı ve depolamayı uzattığı belirlenmiştir.

Zhong ve ark., (2013: 1) kitosan, sodyum aljinat ve soya proteini içeren filmleri daldırma, giydirme, spreyleme ve elektrostatik spreyleme metotlarıyla Mozerella peynirine uygulamışlar ve peynirlerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. İncelemede film kalınlıklarının uygulama metotlarına göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Sodyum aljinant ile kaplı peynirler genel olarak en iyi fizikokimyasal özelliklere sahipken uygulama yöntemleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Ünalın ve ark., (2013: 208) lizozim, lizozim-kateşin, gallik asit, zein ve zein-mum kompozit filmlerinin, *L. monocytogenes* ATCC 7644 ile inoküle edilmiş taze Kaşar peynirindeki fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada tüm lizozim içeren filmlerin Kaşar peynirindeki *L. monocytogenes* sayılarının artışı engellediği ancak mikrobiyal yükte önemli azalmanın ve sürekli lizozim salınımına sahip zein –balmumu kompozit filmde görüldüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte çalışmada kateşin ve gallik asit içeren filmlerin peynirde oksidatif değişikliklerin önlenmesinde etkili olduğu, *L. monocytogenes* 'e karşı in vitro antimikrobiyal etkisini geliştirdiğini, ancak peynirde önemli oranda antimikrobiyal etki göstermediğini tespit etmişlerdir.

Wagh ve ark., (2014: 3767) kazein ve peynir altı suyu protein bazlı filmlere farklı konsantrasyonda plastikleştirici ilave ederek Cheddar peynirinin kaplanmasında kullanmışlardır. Araştırma sonucunda plastikleştirici konsantrasyonunun artmasının filmlerin kalınlık, su buharı geçirgenliği ve çekme gerilimi değerlerinin artmasına ancak gerilme direnci ve elastikiyet modüllerini değerlerinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca kontrol ve film kaplı peynir örneklerinin titrasyon asitliği değerleri arasındaki fark ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Ayrıca protein filmlerinin mikrobiyal bozulmada sınırlandırıcı etkisi olduğu ve depolama esnasında Cheddar peynirinin raf ömrünün uzadığı belirtilmiştir.

Kazein, kazein / natamisin ve natamisin yenilebilir film kaplamaların Kaşar peyniri olgunlaşmasındaki kimyasal mikrobiyal ve organoleptik özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; kontrol ve kazein / natamisin kaplı peynirlerin depolamada suda çözünür nitrojen ve olgunlaşma indeksi daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Kazein / natamisin kaplı peynir örnekleri panelistler tarafından tercih edilirken, natamisin kaplı peynir örneklerinin en düşük değeri aldığı tespit edilmiştir (Yangılar ve Yıldız, 2015: 2328).

Kavas ve ark., (2015: 405) %1.5 kekik ve karanfil uçucu yağları, %1.5 içeren sorbitol- peynir altı suyu izolat esaslı filmi geleneksel yarı sert Kaşar peynirinin kaplamasında kullanmışlardır. Çalışmada kekik ve karanfil uçucu yağı katkılı filmin Kaşar peynirinin fiziksel-kimyasal özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Ayrıca uçucu yağ içeren filmlerin günlük depolama sırasında *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* düzeylerinin azalttığı gözlenmiştir.

Embunea ve ark., (2016: 1) biberiye ve kekik yağları içeren kitosan kaplamaların peynirlere uygulanmasının etkinliği üzerine yaptıkları bir çalışmada, peynir örneklerini farklı formülasyonda üretilen yenilebilir film materyali ile iki ve üç daldırma şeklinde kaplanmış peynirlerin depolama boyunca olgunlaşma endeksleri, su kaybı, duyu ve mikrobiyolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Kaplamaların her ikisinde de ağırlık kaybını ve mikrobiyolojik gelişmeyi engellediği, yenilebilir filmlerin antimikrobiyal etkisi doğrultusunda kaplanmış peynirde lipolitik ve proteolitik aktiviteleri azalttığı tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, lezzet ve aroma bakımından en iyi örneğin kitosan-kekik yağı içeren çift kaplı peynir olduğu ortaya konulmuştur.

Kavas ve Kavas, (2016: 99) yumurta akı protein tozu %3 sorbitol (w/v) ve çeşitli konsantrasyonda adaçayı esansiyel yağı ve limon balsamı esansiyel yağı ilave edilerek elde edilen yenilebilir filmleri *Escherichia coli* O157:H7, *L. monocytogenes* *L. monocytogenes* ve *S. aureus* ile kontamine edilen lor peynirlerine kaplayarak depolama boyunca oluşan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar uçucu yağ konsantrasyonlarındaki artış ile film kalınlığındaki artış, su

buharı geçirgenliği, iç ve dış sertlik artışı, ağırlıktaki azalma, yağ bariyer özelliğinde iyileşme ve depolamada mikrobiyolojik sayılar arasında önemli ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca fizikokimyasal ve antibakteriyal özellikler adaçayı esansiyel yağı içeren tüm konsantrasyonlarda limon balsamı esansiyel yağı içeren örneklerle kıyasla daha belirgin bulunmuştur. Bununla birlikte, adaçayı esansiyel yağının antifungal etkisinin limon balsamı esansiyel yağına göre daha yüksek olduğu, *E. coli* O157: H7, esansiyel yağlara karşı en dirençli mikroorganizma iken *L. monocytogenes*'in en duyarlı mikroorganizma olduğu tespit edilmiştir.

Pena-Sera ve ark., (2016: 208) zein bazlı oleik asit ve ksantan gam içeren biyo çözünür filmle kaplanan Minas Padrão peynirinin fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada depolama boyunca, biyolojik olarak bozulabilir film kaplı peynir örneklerinin, paketlenmemiş ve plastik ambalajlı peynir örneklerine kıyasla, klorürler, kül, protein ve asidite açısından benzer fizikokimyasal özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanabilir film kaplamalı peynir örnekleri depolamanın 21 gününden sonra mikrobiyolojik bozulma görülen paketlenmemiş peynir örneklerine kıyasla % 50 daha düşük bir ağırlık kaybı ve % 50 daha düşük mikrobiyolojik çoğalma görüldüğü tespit edilmiştir. Nem kaybının bir sonucu olarak, 28 günlük depolamadan sonra, biyolojik olarak parçalanabilir film kaplı peynirler de, polietilen ambalajlı peynir örneklerine kıyasla, % 30 daha az proteoliz, % 124 daha sert yapı ve % 50'den fazla renk yüzeyi değişikliği tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

Yüksek kalite ve raf ömrü uzun gıdaların tüketiciye sunulmasında yenilebilir filmlerin gıda ambalajlamasında kullanımı üzerine çalışmalar artırmıştır. Yenilebilir film kaplamaların gıdalarda uygulamasında en önemli faktörlerden biri de gıdalarda nem, oksijen ve karbondioksit transferini sınırlandırmasıdır. Ayrıca artan çevre bilinci, doğal antimikrobiyal maddeler kullanılarak üretilen yenilebilir ambalajlara duyulan ilgiyi artarken, bu teknolojinin kullanılması sayesinde atık miktarının azaltılması ve çevre kirliliğinin önüne geçilmesi de sağlanacaktır. Tek ve değişik kombinasyonlarda sınırsız kullanım alanına sahip olan yenilebilir film kaplamaların yüksek maliyetlerine rağmen sentetik materyallere göre kullanım miktarlarının düşük olması ve ürünün raf ömrünü ve kalitesini artırması nedeniyle geleceğin gıda ambalajları olacağı düşünülmektedir.

Açıklama: Bu makale Aslı Çelikel'in doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ayana, B. ve Turhan, K. N. (2009). Use of Antimicrobial Methylcellulose Films to Control *Staphylococcus Aureus* During Storage of Kasar Cheese. *Packaging Technology and Science*, 22(8), 461-469.
- Baldwin, E. A., (1999). Surface Treatments and Edible Coatings in Food Preservation. *Hand Book of Food Preservation*. Ed. M.S. Rahman, pp. 577-609. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Bifani V., Ramirez C., Ihl M., Rubilar M., Garcia A. and N. Zartizky. (2007). Effects of Murta (*Ugni Molinae Turcz*) Extract on Gas And Water Vapor Permeability of Carboxymethylcellulose-Based Edible Films. *Food Science and Technology*, 40, 1473-1481.
- Brody, A. L. (2001). What is the Hottest Food Packaging Technology Today? *Food Technology*, 55 (1), 82-84.
- Brody, A. L. (2002). Action in Active and Intelligent Packaging. *Food Technology*, 56 (2), 70-71.
- Cao-Hoang L., Chaine A., Grégoire L. and Waché Y. (2010). Potential of Nisin Incorporated Sodium Caseinate Films to Control *Listeria* in Artificially Contaminated Cheese. *Food Microbiology*, 27, 940-944.
- Cerqueira M. A., Lima A. M., Souza B. W. S., Teixeira J. A., Moreira R. A. and Vicente A. A. (2009). Functional Polysaccharides as Edible Coatings for Cheese. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 57, 1456-1462.
- Cha, D. S. and Chinnan, M. S. (2004). Biopolymer Based Antimicrobial Packaging. *Food Scientific Nutrition*, 44, 223-237.
- Debeaufort F., Quezada-Gallo J. A. and Voilley A. (1998). Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings. *Critical Reviews in Food Science*, 384 (4), 299-313.

- 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.
- Di Pierro P., Sorrentino A., Mariniello L., Giosafatto C. V. L. and Porta R. (2011). Chitosan Whey Protein Film as Active Coating to Extend Ricotta Cheese Shelf-Life. *Food Science and Technology*, 44, 2324-2327.
- Díaz-Sobac, R., García, H. S., Beristain, C. I. and Vernon-Carter, E. J. (2002). Morphology and Water Vapor Permeability of Emulsion Films Based on Mesquite Gum. *Journal Food Process*. 26, 129–141.
- Donhowe, G. & Fennema, O., (1994). Edible Films and Coatings: Characteristics, Formation Definitions and Testing Methods. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, M. O. Nisperos-Carriedo (Ed.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* (pp. 1-24). Lancaster, USA.
- Embuena A. I. C., Nacher M. C., Boix A. C., Pons M. P. M., Llopis M. B., Martínez, M. C. B. and Martínez C. G. (2016). Quality of Goats Milk Cheese as Affected by Coating with Edible Chitosan-Essential Oil Films. *International Journal of Dairy Technology*, 69,1-9.
- Fajardo P., Martins J. T., Fuciños C., Pastrana L., Teixeira J. A. and Vicente A. A. (2010). Evaluation of A Chitosan-Based Edible Film as Carrier of Natamycin to Improve the Storability of Saloio Cheese. *Journal of Food Engineering*, 101, 349–356.
- Floros, J. D., Dock, L. L. and Han, J. H. (1997). Active Packaging Technologicals and Applications. *Food Cosmetic Drug Packaging*, 20, 10-17.
- Han, J. H. (2000). Antimicrobial Food Packaging. *Food Technology*, 54 (3), 56–65.
- Hoang, L. C., Chane, A., Grégoire L. and Waché, Y., (2010). Potential of Nisin-Incorporated Sodium Caseinate Films to Control *Listeria* in Artificially Contaminated Cheese Food Microbiology, 27, 940-944.
- Hong, S. I. and Krochta, J. M. (2003). Oxygen Barrier Properties of Whey Protein Isolate Coating on Polypotpylene Films. *Journal of Food Science*, 68, 224–228.
- Karagöz, Z. ve Candoğan, K. (2007). Et Teknolojisinde Antimikrobiyal Ambalajlama. *Gıda Teknolojisi*, 32 (3), 113-122.
- Kavas G. ve Kavas N. (2016). Use of Egg White Protein Powder Based Films Fortified with Sage and Lemon Balm Essential Oils in The Storage of Lor Cheese. *Mljekarstvo* 66 (2), 99-111.
- Kavas G., Kavas N. ve Saygılı D. (2015). The Effects of Thyme and Clove Essential Oil Fortified Edible Films on The Physical, Chemical And Microbiological Characteristics of Kashar Cheese. *Journal of Food Quality*. 38, 405–412.
- Kester, J. J. and Fennema, O. R. (1986). Edible Filmsand Coatings. *Food Technology*, 40 (12), 47-59.
- Koyuncu, M. A. ve Savran, H. E. (2002). Yenilebilir Kaplamalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 73-83.
- Krochta J. M. and Mulder-Johston C. (1997). Edible and Biodegradable Polymer Films Challenges and Opportunities. *Food Technology*, 51 (2), 61-74.
- Mark, A. M., Roth, W. B., Mehlretter, C. L. and Rist, C.E. (1966). Oxygen Permeability of Amylomaize Starch Films. *Food Technology*, 20, 75-80.
- Martins J. T., Cerqueira M. A., Souza B. W. S., Avides M. C. and Vicente A. A. (2010). Shelf Life Extension of Ricotta Cheese Using Coatings of Galactomannans from Nonconventional Sources Incorporating Nisin Against *Listeria monocytogenes*. *Journaly Agriculcural Food Chemisty*, 58, 1884-1891.
- Mc Hugh, T. H. and Krochta, J. M. (1994). Milk Protein Based Edible Films and Coatings. *Food Technology*. 48, 97–103.
- Mei J., Yuan Y., Wu Y. and Li Y. (2013). Characterization of Edible Starch–Chitosan Film and Its Application in The Storage of Mongolian Cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 57, 17– 21.
- Miller, K. S. and Krochta, J. M., (1997). Oxygen and Aroma Barrier Properties of Edible Films: a Review. *Trends in Food Science and Technology*, 8 ,(7) 228-237.
- Miller, K. S., Upadhyaya S. K. and Krochta J. M. (1998). Permeability of d-Limonene in whey protein films. *J. Food Science*. 63(2), 244-247.
- Murray, J. F.C., Limited, H. Reigate, (2000). In Cellulose. G.O. Phillips, P.A. Williams (Ed). *Handbook of Hydrocolloids*, (pp. 219-245). Cambridge, England,
- Muzzarelli, R. A. A. (1996). Chitosan-Based Dietary Foods. *Carbohydrate Polymer*, 29 (4), 309-316.
- Myllarinen, P., Buleon A., Lahtinen R. and Forssell P. (2002). The Crystallinity of Amylose and Amylopectin Films. *Carbohydrate Polymers*, 48, 41-48.
- Oliveira, T. M., Soares, N. F. F., Pereira R. M. and Fraga K. F. (2007). Development and Evaluation of Antimicrobial Natamycin Incorporated film in Gorgonzola Cheese Conservation. *Packaging Technology and Science*, 20, 147-153.
- Pena-Serna C., Penna A, L. B. and Filho J. F. L. (2016). Zein-Based Blend Coatings: Impact on The Quality of A Model Cheese of Short Ripening Period. *Journal of Food Engineering*, 171, 208-213.
- Perez-Gago, M. B. and Krochta, J. M. (1999). Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. *Journal of Food Science*. 64, 695-698.
- Ramos Ó. L., Pereira J. O., Silva S. I., Fernandes J. C., Franco M. I., Lopes-Da-Silva J. A., Pintado M. E. and Malcata F. X. (2012). Evaluation of Antimicrobial Edible Coatings From A Whey Protein Isolate Base to Improve The Shelf Life of Cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 95, 6282-6292.

- Santos, A. C., Soares, N. F. F., Andrade, N. J., Silva, L. H. M., Camilloto, G. P. and Bernardes, P. C. (2008). Development and Evaluation of Active Packaging for Sliced Mozzarella Preservation. *Packaging Technology and Science*, 21, 375-383.
- Sothornvit, R. and Krochta, J. M. (2000). Plasticizer Effect on Oxygen Permeability of Beta-Lactoglobulin Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 6298–6302
- Tharanathan R. N. and Kittur F. S. (2003). Chitin the Undisputed Biomolecule of Great Potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 61-87.
- Torlak, E. ve Nizamlioğlu, M. (2011). Uçucu Yağ İçeren Yenilebilir Kitosan Filmlerinin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* O157:H7 Üzerine Etkinlikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8, 125-129.
- Türe H., Eroğlu E., Özen B. ve Soyer F., (2011). Effect of Biopolymers Containing Natamycin Against *Aspergillus Niger* and *Penicillium Roqueforti* on Fresh Kashar Cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 154–160.
- Ünalın İ. U., Arcan, İ., Korel F. ve Yemenicioğlu A. (2013). Application of Active Zein-Based Films with Controlled Release Properties to Control *Listeria Monocytogenes* Growth and Lipid Oxidation in Fresh Kashar Cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20, 208–214.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J. and González-Martínez, C. (2008). Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 496-511.
- Wagh Y. R., Pushpadass H. A., Emerald F. M. E. and Nath B. S. (2014). Preparation and Characterization of Milk Protein Films and Their Application for Packaging of Cheddar Cheese. *Journal Food Science Technology*, 51 (12), 3767–3775.
- Xu, X.Y., Kim, K. M., Hanna, M. A. and Nag, D. (2005). Chitosan-Starch Composite Film: Preparation and Characterization. *Industrial Crops and Products an International Journal* 21, 185-192.
- Yangılar F. ve Yıldız P. O. (2016). Casein/Natamycin Edible Films Efficiency for Controlling Mould Growth and on Microbiological, Chemical and Sensory Properties During The Ripening of Kashar Cheese. *Journal Science of Food and Agricultural*, 96, 2328–2336.
- Yılmaz L., Akpınar Bayizit A. ve Yılsay T. Ö. (2007). Süt Proteinlerinin Yenilebilir Film Ve Kaplamalarda Kullanılması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 1, 59-64.
- Zhong Y., Cavender G. and Zhao Y. (2014). Investigation of Different Coating Application Methods on The Performance of Edible Coatings on Mozzarella Cheese. *Food Science and Technology*, 56, 1-8.