

Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Fatma Coşkun Topuz^{1,2} , Gökhan Boran² 

¹Hakkari Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 30000 Hakkari
²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080 Van

Geliş Tarihi (Received): 04.04.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 12.02.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): gboran@yyu.edu.tr (G. Boran)

☎ 0 432 225 17 01 📠 0 432 225 17 30

ÖZ

Gıdalar üretimden tüketime kadar pek çok farklı şekilde kalite kaybına uğramaktadır. Bu nedenle; depolama, nakliye ve pazarlama süresince gıdaların duyu özellikleri ve besin değeri korunurken söz konusu kalite kayıplarının önlenmesi esastır. Son zamanlarda, yenilebilir film ve kaplamalar alternatif bir ambalaj yöntemi olarak önem kazanmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar; özellikle tüketime hazır, pişmeye hazır ya da ön pişirme uygulanmış parça, derisiz veya kabuksuz gıdalarda, gıda ile asıl ambalaj materyali arasında ikincil bir kaplama olarak kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamalar; antioksidanlar, antimikrobiyeller, renk ve tat bileşenleri gibi fonksiyonel bileşenlerin taşınmasında önemli bir rol oynayabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde pek çok doğal biyopolimer kullanılabilir. Bu biyopolimerlerden biri olan jelatin; kolay bulunması, nispeten ucuz olması, çok fonksiyonlu olması, gıdalarla uyumlu olması, kolay kullanımı ve genel olarak güvenli kabul edilmesi nedeniyle bazı avantajlar sunmaktadır. Bu derlemede, son yıllarda yapılan çalışmalar ışığında jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, uygulamaları, formülasyonları, kullanılan bileşenler, mekanik kuvvet, geçirgenlik ve fonksiyonel özellikleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gıda muhafaza, Jelatin, Yenilebilir film ve kaplama, Aktif ambalaj

Gelatin Based Edible Films and Coatings

ABSTRACT

Foods may undergo quality loss in many different ways from production to consumption. Therefore, it is essential to prevent quality loss while preserving sensory characteristics and nutritional value of foods during storage, transportation and marketing. Edible films and coatings have recently gained interest as an alternative way of packaging. They can be used especially for ready to eat, ready to cook or precooked portioned, skinned or peeled food pieces as a secondary covering layer between the food and the primary packaging. Edible films and coatings can also play an important role in carrying multifunctional ingredients like antioxidants, antimicrobials, coloring and flavoring agents. Many natural biopolymers can be used in manufacturing of edible films and coatings. Gelatin, as one of those biopolymers, brings some advantages as it is readily available, relatively cheap, multifunctional, compatible, easy to use and generally recognized as safe. In this review, recent studies on gelatin based edible films and coatings, their production, applications, formulations, ingredients, mechanical strength, barrier and functional properties are reviewed.

Keywords: Food preservation, Gelatin, Edible film and coating, Active packaging

GİRİŞ

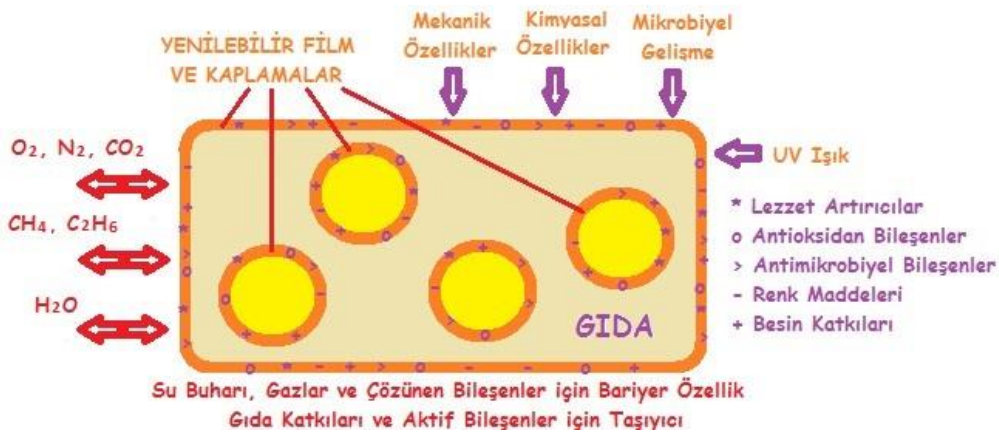
Gıdaların en az kalite kaybıyla ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaştırılması gıda işleme endüstrisinin en önemli amaçlarından biridir. Gıdalar gerek üretim, gerek depolama ve gerekse nakliye sırasında çeşitli etkenler nedeniyle bozulmaktadır. Kalite kayıplarının önlenmesi, gıda bütünlüğünün sağlanması, tüketicinin bilgilendirilmesi gibi amaçlarla çeşitli ambalajlar kullanılmaktadır. Söz konusu ambalajlar genellikle sentetik plastiklerden üretilmektedir. Ancak son zamanlarda, özellikle çevre kirliliği ve gıda ile istenmeyen etkileşimler nedeniyle, sentetik ambalajların yerine yenilebilir ambalajlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar (YFK) farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli karbonhidrat, yağ ve proteinlerin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı materyallerdir. YFK üretiminde kullanılan proteinlerden biri de jelatindir. Bu çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların üretimi, kompozisyonu, fonksiyonel ve mekanik özellikleri ve kullanım olanakları üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar derlenmiştir. Ayrıca, antioksidan ve antimikrobiyel bileşenlerle zenginleştirilen yenilebilir film ve kaplamaların aktif ambalaj olarak kullanım potansiyeli mercek altına alınmıştır.

YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALAR (YFK)

YFK çok yeni bir uygulama olmamakla birlikte, son yıllarda gittikçe önem kazanmıştır. İlk defa Çin'de nem kaybını azaltmak için limon ve portakallar mumla kaplanmış ve bu uygulama yenilebilir kaplamaların ilk uygulaması olarak ortaya çıkmıştır. 16. yüzyılda Avrupa'da aynı amaçla etlerin yüzeyi yağla kaplanmış, 19. yüzyılda ise jelatin bazlı kaplamaların kullanımı başlamıştır [1]. Nüfusun artmasına paralel olarak zirai

alanların ve gıda kaynaklarının sınırlı olması, üretilen gıda ürünlerinin ambalajlanmasını ve daha dayanıklı hale getirilmesini gerektirmiştir. Çalışan insan sayısının artması ve özellikle kadınların iş yaşamına katılması hazır gıda sektörünün hızla gelişmesine, pratik ve fonksiyonel ambalaj malzemelerinin kullanımının artmasına neden olmuştur [2, 3].

Petrokimya temelli polistiren, poliamid ve polietilen gibi plastik maddeler ambalajlama materyali olarak gıda sanayinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin gıda ambalajlamada yaygın kullanılmasının nedeni üstün yapısal ve performans özellikleri, su buharı ve gaz geçişi için iyi bir bariyer olmaları ve esnek bir yapıya sahip olmalarından kaynaklanmaktadır [4]. Yenilebilir filmler, organik biyopolimer bazlı materyallerdir. Bu ince yapılı materyaller, gıdaların yüzeyine kaplama şeklinde uygulanarak gıdanın dış etkilere karşı korunması amacıyla kullanılmaktadır [5-7]. Petrokimyasal ambalaj materyalleri biyobozunur bir yapıya sahip olmamalarından dolayı doğada ayrışmamaktadır. Ancak organik biyopolimerlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamalar doğada ayrışabilmektedir. Bu niteliklerinden dolayı, yenilebilir film ve kaplamalar ekolojik zarar vermemekte, başka bir ifadeyle doğa dostu ambalaj materyali olarak son yıllarda yoğun talep görmektedir. Bunun yanı sıra, mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilebilmesi yenilebilir film ve kaplamaların alternatif bir ambalaj materyali olarak kullanımını mümkün kılmıştır [8-13]. Ayrıca, hidrofilik özellik gösteren yenilebilir filmler, düşük su aktivitesinde oksijen ve karbondioksit gazlarının geçişini engellemede başarılı sonuçlar vermektedir [14, 15]. Yenilebilir film ve kaplamaların şematik gösterimi Şekil 1 'de verilmiştir [16].



Şekil 1. Yenilebilir film ve kaplamaların fonksiyonel kullanımı ([16] numaralı kaynaktan uyarlanmıştır.)

Yenilebilir film ve kaplamaların kompozisyonu, su aktivitesi, pH değeri ve antimikrobiyel madde içeriği mikroorganizmaların faaliyetleri bakımından önem taşımaktadır [2]. Çabuk bozulan gıdaların raf ömrünü etkileyen en önemli faktörler atmosferik oksijenin etkisi ve aerobik mikroorganizmaların gelişimidir. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak gıdanın renk, tat ve koku gibi duysal niteliklerinde değişiklikler meydana getirebilmekte ve

kalite kaybına neden olmaktadır. Gıdaların bozulmasını geciktirmek amacıyla uygulanan soğukta muhafaza tekniklerinin yanında uygun ambalajlama teknikleri de gıdaların tazeliğinin korunması için önemlidir [17].

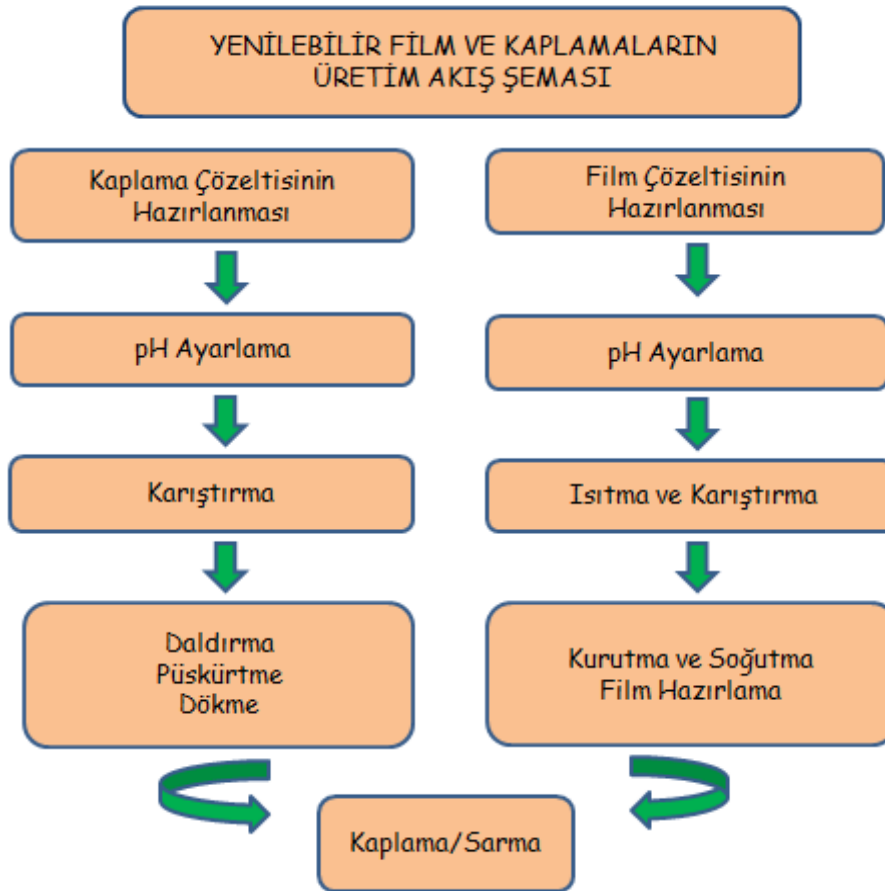
Yenilebilir film ve kaplamalar gıda kökenli mikroorganizmaların neden olduğu hastalıklarla mücadele amacıyla da önem arz etmektedir. Yenilebilir film ve kaplamaların yapılarına katılabilen antimikrobiyel

maddeler sayesinde gıdaların bozulması kontrol altına alınabilmektedir. Antimikrobiyel maddelerin yenilebilir film ve kaplamalar yoluyla kullanılması, gıdaların söz konusu antimikrobiyel maddeleri içeren çözeltilere daldırılması veya bu maddelerin gıda yüzeyine doğrudan püskürtülmesi gibi yöntemlere göre daha etkili olmaktadır [18-20]. Yenilebilir filmler, gıdalardan ayrı olarak işlenen ve daha sonra gıdaların ambalajlanmasında kullanılan materyallerdir. Yenilebilir kaplamalar ise doğrudan gıda üzerine uygulanan ince tabakalı yenilebilir materyallerdir. Bir başka ifade ile yenilebilir kaplama, bir gıda üzerinde oluşmuş ince tabaka halindeki materyal olarak ifade edilirken; yenilebilir film ise gıda bileşenleri ya da gıda üzerine uygulanmak üzere önceden hazırlanmış, ince ve yenilebilir materyal olarak tanımlanır [21].

YFK ÜRETİMİNDE KULLANILAN POLİMERLER

Yenilebilir film ve kaplamalar bitkisel ve hayvansal kökenli kaynaklardan elde edilmektedir. Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında temelde 3 grup organik polimer (karbonhidrat, protein ve lipit) kullanılmaktadır. YFK üretiminde en yaygın kullanılan karbonhidratlar nişasta (patates, mısır, buğday veya pirinç kaynaklı), selüloz (pamuk, sert odunsu bitkilerden elde edilen), çeşitli zamklar (guar, keçiyoynuzu, aljinatlar, karragenan, pektin gibi) ve kitin/kitosandır. YFK üretiminde kullanılan proteinler ise elde edildikleri

kaynağa göre hayvansal ve bitkisel olmak üzere ikiye ayrılır. Hayvansal kaynaklı proteinlere kazein, peynir altı suyu proteini, kolajen veya jelatin örnek olarak verilebilir. Bitkisel kaynaklı proteinlere ise zein, gluten ve soya proteini örnek olarak verilebilir. YFK üretiminde kullanılan üçüncü önemli organik polimer grubu lipitlerdir. Çapraz bağlı gliseritler, vaksılar, hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlar bu grupta yer alır [22-24]. Karbonhidrat bazlı yenilebilir film ve kaplamaların yüksek mekanik dayanıma sahip olduğu, gaz ve su buharı geçirgenliği düşük filmler üretilebildiği birçok çalışma ile ortaya konmuştur [25]. Bunun yanı sıra, et ürünleri, meyve sebze gibi çabuk bozulabilen gıdaların muhafazasında başarılı sonuçlar alındığı gösterilmiştir. Su ürünleri ve özellikle balık filetolarının lipit oksidasyonu ve su kaybı nedeniyle uğradığı kalite kayıplarının karbonhidrat bazlı YFK uygulamaları ile büyük ölçüde önlenilebileceği saptanmıştır [26]. Yenilebilir film ve kaplamaların bazı temel niteliklere sahip olması gerekmektedir. Üretimde kullanılan bileşenler genellikle güvenli kabul edilen (Generally Recognized as Safe, GRAS) statüde olmalı, seçici geçirgenlik ve yapısal bütünlük sağlamalı, mekanik dayanımı yeterli olmalı, katkı maddelerinin fonksiyonel etkilerini destekleyen ve koruyan özellikte olmalı, uzun depolama süresince bütünlüğünü ve kalitesini koruyabilmelidir [27]. YFK üretiminde kullanılan genel işlem akışı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yenilebilir film ve kaplamaların üretim akış şeması

Kolajen ve Jelatin

Jelatinin hammaddesi olan kolajen, hayvansal dokularda en fazla bulunan proteindir. Kolajen yaklaşık 330 kDa molekül ağırlığında olan ve suda çözünmeyen en önemli bağ doku proteindir. Son bilgilere göre, 28 tip kolajen bulunmaktadır. Bunlardan en yaygını Tip I kolajendir ve daha çok deri, kemik ve tendon gibi bağ dokuda bulunur. Tip II kolajen ise özellikle kıkırdak dokuda bulunmaktadır. Tip III kolajen yaşa bağlı olarak büyük değişiklik gösteren bir proteindir. Diğer kolajen tipleri ise çok küçük miktarlarda bulunur ve genellikle dokudan dokuya farklılık gösterir [28-30].

Jelatin, kolajenin kısmi hidrolizi ile elde edilen ve ortalama molekül ağırlığı 30 kDa'dan fazla olan kolajen parçalarından oluşmaktadır. Dünya çapında üretilen jelatinin yaklaşık %70'i gıda sanayi, %15'i ilaç sanayi, %10'u fotoğraf sanayi tarafından kullanılmaktadır. Jelatin, gıda endüstrisinde tatlı ve şekerlemeler, fırıncılık ürünleri, bira ve şarap gibi alkollü içecekler, berrak meyve suları, dondurma ve bazı süt ürünlerinde tekstürü geliştirme, su tutma kapasitesini artırma, berraklaştırıcı ve koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar üstün özellikleri nedeniyle jelatinin YFK üretiminde de kullanılabileceğini göstermiştir [31].

JELATİN BAZLI YFK

Jelatin bazlı YFK, jelatinin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı ve çeşitli plastikleştiricilerin kullanımı ile birlikte mekanik dayanımının artırıldığı materyallerdir. Üretiminde kullanılan çeşitli maddelerle jelatin bazlı YFK'nin fonksiyonel, organoleptik, besleyici ve mekanik özellikleri geliştirilebilir. Uygun plastikleştiriciler yardımıyla jelatin bazlı YFK'nin parlaklığının azaldığı, uzama ve esneme kabiliyetinin arttığı görülmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan plastikleştirici madde gliseroldür. Filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için gliserol dışında kullanılan diğer plastikleştiriciler sorbitol, şeker, ksilitol, maltitol gibi hidrofilik bileşiklerdir [25].

Jelatin Bazlı YFK ile İlgili Çalışmalar

Bu bölümde jelatin bazlı YFK üretimi ve jelatin bazlı YFK'nin çeşitli gıdaların raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmalar derlenmiştir. Söz konusu çalışmaların bazılarında kullanılan yardımcı bileşenler, uygulanan ürünler ve elde edilen sonuçlar Tablo 1 'de listelenmiştir. Yayınlanan bir çalışmada, jelatin bazlı filmlere ilave edilen bal mumu etanol ekstraktının filmlerin çeşitli özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu filmlere bal mumu etanol ekstraktından başka plastikleştirici olarak sorbitol ilave edilmiştir. İlave edilen ekstrakt karışımının filmlerin nem içeriği, çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, polifenol içeriği ve *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Artan konsantrasyonlarda bal mumu ekstraktı kullanımı, filmlerin kırılma kuvvetini ve su buharı geçirgenliğini kontrol altına alma göre azaltmıştır. Ayrıca ekstraktın, filmlerin *Staphylococcus aureus* karşı antimikrobiyel etkisini artırdığı tespit

edilmiştir [32]. Başka bir çalışmada, jelatinle beraber kitosan ilavesinin filmlerin bazı nitelikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kitin veya kitosan kullanılan filmlerde radyasyon veya ultrases uygulandığında filmlerin mekanik dayanımı, kimyasal kararlılığı ve organoleptik nitelikleri iyileşmektedir [10]. Buna örnek teşkil eden bir çalışmada, somondan elde edilen jelatin ile hazırlanan filmlere kitosan ilavesi yapılmıştır. Filmlerdeki kitosanın, *Escherichia coli* üzerindeki antimikrobiyel etkisi incelenmiştir. Çalışmada, artan kitosan konsantrasyonu ile birlikte camsı geçiş sıcaklığının düştüğü, absorbe edilen su miktarının arttığı böylece filmlerin su içeriğinin ve özgül hacminin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Agar difüzyon metodu ile yapılan incelemelerde kitosanın *Escherichia coli* bakterisine karşı antimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir [33]. Farklı bir çalışmada da, gıda kökenli patojenlere karşı jelatin bazlı filmlere bakteriyosin ve flavonoid eklenmiştir [34]. Çalışma sonucunda bakteriyosin veya flavonoidin tek başlarına kullanıldığında jelatin filmlerde antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu iki antimikrobiyel bileşenin birlikte kullanımının mikroorganizmaların inhibisyonunda sinerjistik bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmaların yanı sıra jelatin bazlı filmlerin antimikrobiyel ajanlarla birlikte kullanılmadığı çalışmalar da yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde, jelatin bazlı filmlere bazı doğal antioksidan maddeler eklenmiş ve elde edilen filmlerin çeşitli performans özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen antioksidan kaynakları yeşil çay, üzüm tohumu (proantosiyanidin ve polifenoller), zencefil ve mabet yaprağı ekstraktıdır. Mabet yaprağı ekstraktının kullanıldığı jelatin bazlı filmlerin en yüksek 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) aktivitesine sahip olduğu anlaşılmıştır. UV ışınlarının geçişini en iyi engelleyen filmlerin mabet yaprağı ekstraktı ilave edilen filmler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yeşil çay ekstraktının filmlerin nem geçirgenliğini azalttığı ve filmlerin nem içeriklerinin değişmediği saptanmıştır. Mekanik özellikler incelendiğinde, en düşük gerilme kuvveti ve kopma noktasında uzama yüzdesinin üzüm tohumu ekstraktı eklenen filmlere ait olduğu saptanmıştır. Çalışma neticesinde yeşil çay ekstraktı, mabet yaprağı ekstraktı ve üzüm tohumu ekstraktı eklenen jelatin bazlı filmlerin gıda ambalajlamada başarıyla kullanılabileceği belirtilmiştir [42]. Jelatin bazlı film ve kaplamalar farklı muhafaza ve işleme teknolojilerinin kullanımına olanak tanımaktadır. Bu teknolojilerden biri de radyasyon uygulamasıdır. Radyasyon uygulamasının kullanıldığı bir çalışmada jelatin bazlı filmlere pektin eklenmiş ve bu filmlere 10, 20 ve 30 kGy dozlarında gama radyasyonu uygulanmıştır [43]. 10 kGy dozunun uygulandığı filmlerin gerilme kuvvetinin en yüksek, su buharı geçişinin ise en az seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışmada radyasyon dozu arttıkça pektin-jelatin bazlı filmlerin L, a ve b değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Başka bir çalışmada, sığır jelatinine farklı oranlarda gliserol ilave edilmiş ve ekstrüzyon ile film üretimi gerçekleştirilmiştir [44]. Bu çalışmada, plastikleştirici içeriğinin jelatin filmlerin çeşitli mekanik ve bariyer özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Jelatin bazlı filmlerde, gliserol oranı

artıkça oksijen geçirgenliğinin artış gösterdiği, gerilme kuvvetinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, gliserol oranı arttıkça filmlerin sudaki çözünürlüğünün arttığı belirlenmiştir. Çalışma sonunda %0,2 oranında gliserol içeren jelatin bazlı filmlerin en düşük su buharı ve oksijen geçirgenliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada, amino gruplu aktif kil (NH₂-MMT) farklı oranlarda susuz etanol ve toluen ile birlikte kullanılmıştır. Jelatin matriksine nüfuz eden aktif kil sayesinde peptid zincirlerinin tekrar üçlü sarmal yapı kazandığı tespit edilmiştir. Aktif kildeki artan amino grubu konsantrasyonu ile filmlerin suyu engelleme düzeyi, UV ışınlarını engelleme özelliği, mekanik nitelikleri ve ısıl kararlılığı gelişme göstermiştir [45]. Başka bir çalışmada da farklı pH düzeylerinde ekstrakte edilen balık jelatininin çeşitli özellikleri incelenmiştir [46]. En yüksek gerilme kuvveti pH 5,0'te ekstrakte edilen jelatin ile hazırlanan filmlerde tespit edilmiştir. Diğer

tarafından, farklı pH değerlerinde elde edilen jelatinlerle hazırlanan filmlerin renk ve saydamlık özelliklerinin pH ile etkilenmediği ortaya konmuştur. Farklı balık derileri üzerinde yapılan bir çalışmada, dil ve kedi balığı derisinden elde edilen jelatinlerin antioksidan aktivitesini arttırmak amacıyla hodan bitkisi ekstraktı ilave edilmiştir [47]. Dil balığı jelatininde kopma kuvveti kedi balığı jelatinine göre daha düşük olduğu ancak kopma deformasyonunun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Jelatinin kaynağına bağlı olmaksızın hodan bitki ekstraktı eklenen filmlerde antioksidan aktivitenin daha yüksek olduğu, kopma kuvvetinin azaldığı, film opaklığının ise arttığı tespit edilmiştir. Hodan ekstraktının α -tokoferol ve BHT antioksidanları içeren filmlere göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği ortaya konmuştur.

Tablo 1. Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalarla ilgili yapılan çalışmalar

Kaplama Materyali	İlave Bileşenler	Ürün	Elde Edilen Sonuç	Kaynak
Siğir jelatini	Gliserol, Adaçayı yağı, Kenevir yağı	-	Bitkisel özütlerle antioksidan etki oluşturulmuştur.	[35]
Domuz jelatini	Gliserol, Potasyum sorbat, Bentonit	-	Yenilebilir filmin mekanik dayanımı geliştirilmiştir.	[36]
Balık jelatini	Mısır yağı	Katı emülsiyon preparat	Yenilebilir filmlerin reolojik ve mekanik özellikleri iyileştirilmiştir.	[37]
Gümüş sazan balığı deri jelatini ve kitosan	NaOH, H ₂ O ₂ , Asetik asit, İzopropanol, Kekik yağı	Balık	Balıklarda oksidatif bozulma yavaşlatılmış ve raf ömrü uzatılmıştır.	[38]
Siğir jelatini	Propilen glikol, Lavanta yağı, Kekik yağı	-	Bakteriyel gelişme ve oksidatif bozulma baskılanmış, filmlerin fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirilmiştir.	[39]
Nişasta ve jelatin	Mısır nişastası, Tip A jelatin, Gliserol	Dondurulmuş kırmızı üzüm	Raf ömrü uzatılmış, filmlerin fizikokimyasal özellikleri iyileştirilmiştir.	[13]
Esansiyel yağlar	Kekik yağı, Karanfil yağı, Gliserol, Peyniraltı suyu protein izolatu	Tavuk filetoları	Tavuk filetolarının raf ömrü uzatılmıştır.	[40]
Jelatin ve laponit film	Tip A jelatin tozu, Laponit	Taze kırmızı et	Laponit ile etin raf ömrü uzatılmıştır.	[41]

Taze olarak tüketime sunulmayan balıkların uzun süreli muhafazasında çeşitli işleme teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu işleme teknolojileri arasında en yaygın kullanılanı dondurma teknolojisidir. Dondurma teknolojisi, balık etindeki biyokimyasal değişimleri ve mikrobiyel gelişimi yavaşlatarak dayanıklılığı sağlamakta, ancak sardalya gibi yüksek yağ içeren balıklarda lipid oksidasyonuna engel olamamaktadır. Balık ve balık ürünlerinde bu problemin önüne geçilebilmek amacıyla koruyucu maddeler kullanılabilir. Bu maddeler sahip oldukları antimikrobiyel ve antioksidan aktiviteleri nedeni ile balığın raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır [26, 48]. Çeşitli antimikrobiyel bileşenlerin kullanıldığı film veya kaplamalarla balık filetolarının raf ömrünün uzatılması mümkündür. Bu bileşenlerin antioksidan aktiviteleri içerdikleri fenolik bileşiklerden ileri gelmektedir [47]. Balıklar üzerinde jelatin bazlı filmlerin

etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, alabalıklar jelatin filmlerle kaplanmış ve defne yağı ilavesinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, defne yağının alabalıkların raf ömrü üzerinde etkili olduğu, bu şekilde kaplanan balıkların 22 güne kadar kalite özelliklerini kabul edilebilir düzeyde koruduğu anlaşılmıştır. Söz konusu raf ömrü jelatin bazlı filmle kaplanmayan balıklarda 15 gün, sadece jelatin filmi ile kaplanan balıklarda 20 gün olarak tespit edilmiştir [26, 49]. Başka bir çalışmada, soğukta depolanan alabalıkları kitosan-jelatin karışımı bir film ile çift kat kaplama uygulanmıştır [50]. Depolama 16 gün süreyle buzdolabı sıcaklığında 4±1°C'de yapılmıştır. Balıkların kitosan-jelatin filmi ile kaplanarak depolama süresince kalite özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir.

Farklı bir çalışmada, jelatin bazlı yenilebilir filmler üzerinde zeytinyağının etkisi incelenmiştir [51]. Film

üretiminde plastikleştirici olarak gliserol kullanılırken söz konusu çalışmada sığır jelatini taşıyıcı polimer olarak kullanılmıştır. Elde edilen filmlerdeki yağ damlacıklarının büyüklüğü azaldıkça filmlerin suyu engelleme özellikleri ve gerilme kuvvetleri daha iyi olmaktadır. Filmlere hidrofobik bir karakter kazandıran zeytinyağının ayrıca UV ışınlarını engellemede oldukça başarılı olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada patates nişastası ve jelatin bazlı filmler üretilmiş, bu filmlerin bazı kimyasal ve ısıl özellikleri incelenmiştir. Patates nişastası ve sığır jelatini bazlı filmlere plastikleştirici olarak gliserol ve sitrik asit monohidrat eklenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, jelatin ilavesi filmlerin mekanik dayanımını geliştirmiş, jelatin içeren film örneklerinde su buharı geçirgenliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nişasta/jelatin oranının optik geçirgenlik üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir [52]. Başka bir çalışmada, taze tavukgöğsü filetoları alginat-kekik ve yağ-propiyonik asit ile zenginleştirilmiş aktif yenilebilir filmlerle kaplanmıştır [53]. Kaplanmış veya kaplanmamış tavuk filetoları arasında duyuşsal bir fark saptanmamıştır. Ancak depolama boyunca et yüzeyinde pH değeri, renk ve duyuşsal bazı farklılıklar olduğu saptanmıştır. Kaplamanın etlerin raf ömrünü iyileştirdiği ve alginat-propiyonik asit kaplamasının taze tavukgöğsü filetolarının raf ömrünü %33 oranında uzattığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Ülkemizde üretimi sınırlı olan jelatinin çok çeşitli kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar bu alanlardan biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalar jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların gıda muhafazasında başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Jelatin bazlı film ve kaplamalar çeşitli fonksiyonel bileşenlerin taşıdığı ve etkin bir şekilde gıda ile temasının sağlandığı bir ortam yaratmaktadır. Çeşitli bileşenlerle mekanik ve fonksiyonel özellikleri geliştirilen film veya kaplamalar taze gıdaların raf ömrünü artırmak amacıyla etkin bir şekilde kullanılabilir. Yenilebilir film ve kaplamaların en önemli dezavantajı mekanik özelliklerinin ve dayanımının yeterince iyi olmaması ve bu nedenle sentetik ambalaj materyallerinin yerini alamamasıdır. Diğer bir ifadeyle, yenilebilir film ve kaplamalar geleneksel ambalaj materyallerinin yerini alan ambalaj materyalleri değildir. Ancak, yenilebilir film ve kaplamalar gıda ile doğrudan temas halinde olan ve gıdaların tüketimi öncesinde ayrılması gerekmeyen iç kaplama olarak düşünülebilir. Son yıllardaki çalışmalar ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, jelatin bazlı film ve kaplamaların fiziksel, mekanik, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin geliştirilerek gıda muhafazası amacıyla yaygın bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Uçan, F., Mercimek, H.A. (2013). Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 79-85.

- [2] Temiz H., Yeşilsu, A.F. (2006). Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 41-50.
- [3] Kılınççeker, O., Doğan, İ.S., Küçüköner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillet. *Food Science and Technology*, 42, 868-873.
- [4] Hanani, Z.A., Roosb, Y.B., Kerry, J.P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94-102.
- [5] Sobral, P.J.A., Menegalli, F.C., Hubinger, M.D., Roques, M.A. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 15, 423-432.
- [6] Krishna, M., Nindo, C.I., Min, S.C. (2012). Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *Journal of Food Engineering*, 108, 337-344.
- [7] Galus, S., Mathieu, H., Lenart, A., Debeaufort, F. (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 148-154.
- [8] Fadini, A.L., Rocha, F.S., Alvim, I.D., Sadahira, M.S., Queiroz, M.B., Alves, R.M.V., Silva, L.B. (2013). Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen-cocoa butter edible films plasticised with sucrose. *Food Hydrocolloids*, 30, 625-631.
- [9] Fakhoury, F.M., Martelli, M.S., Bertan, C.L., Yamashita, F., Mei, I.L.H., Queiroz, C.F.P. (2012). Edible films made from blends of maniocstarch and gelatin—influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, 49, 149-154.
- [10] Elsabee, M.Z., Abdou, E.S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering C*, 33, 1819-1841.
- [11] Kanmani, P., Rhim, J.W. (2014). Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, 35, 644-652.
- [12] Hosseinia, S.F., Rezaeia, M., Zandib, M., Farahmandghavi, F. (2015). Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. *Industrial Crops and Products*, 67, 403-413.
- [13] Fakhouria, F.M., Martellia, S.M., Caonc, T., Velascod, J.I., Helena, L., Mei, I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 57-64.
- [14] 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, 608-615.

- [15] Xiao, Q., Tong, Q. (2013). Thermodynamic properties of moisture sorption in pullulan–sodium alginate based edible films. *Food Research International*, 54, 1605-1612.
- [16] Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Giorgio, L.D., Mavri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.
- [17] Sürengil, G., Kılınç, B. (2011). Gıda - ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(4), 317-325.
- [18] Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin in alginatecalcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish filets. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1331-1335.
- [19] Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., Gopal, S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26, 167-174.
- [20] Lee, H., Min, S.C. (2014). Development of antimicrobial defatted soybean meal-based edible films incorporating the lactoperoxidase system by heat pressing. *Journal of Food Engineering*, 120, 183-190.
- [21] Aldemir, Ö. (2013). Balık filetolarının kaplanmasında salça üretim atıklarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [22] Dursun, S., Erkan, N. (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 352-373.
- [23] Wan, J., Liu, C., Liu, W., Tu, Z., Wu, W., Tan, H. (2015). Optimization of instant edible films based on dietary fiber processed with dynamic high pressure microfluidization for barrier properties and water solubility. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 603-608.
- [24] Santacruz, S., Rivadeneira, C., Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan: Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89-94.
- [25] Marana, J.P., Sivakumara, V., Sridharb, R., Immanuel, V.P. (2013). Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films. *Industrial Crops and Products*, 42, 159-168.
- [26] Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 92-98.
- [27] Delikanlı, B., Özcan, T. (2014). Probiyotik içeren yenilebilir film ve kaplamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 59-70.
- [28] Jimin, G., Liming, G., Xinying, L., Changdao, M., Defu, L. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 39, 243-250.
- [29] Ortiz-Zarama, M.A., Jiménez-Aparicio, A., Perea-Flores, M.J., Solorza-Feria, J. (2014). Barrier, mechanical and morpho-structural properties of gelatin films with carbon nanotubes addition. *Journal of Food Engineering*, 120, 223-232.
- [30] Yetim, H. (2011). Jelatinin üretimi, özellikleri ve kullanımı. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. 19-20 Kasım 2011 Ankara.
- [31] Gökçin, M. (2013). Uskumru (*Scomber scombrus*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Kemiklerinden Jelatin Eldesi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Adana.
- [32] Bodini, R.B., Sobral, P.J.A., Favaro-Trindade, C.S., Carvalho, R.A. (2013). Properties of gelatin-based films with added ethanolepropolis extract. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 104-110.
- [33] Celisa, D., Azocar, M.I., Enrianea, J., Paezb, M., Matiacevich, S. (2011). Characterization of salmon gelatin based film on antimicrobial properties of chitosan against E. coli. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11).
- [34] Ibarguren, C., Céliz, G., Díaz, A.S., Bertuzzi, M.A., Daz, M., Audisio, M.C. (2015). Gelatine based films added with bacteriocins and a flavonoid ester active against food-borne pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 28, 66-72.
- [35] Cozmuta, M.A., Turila, A., Apjok, R., Ciocian, A., Cozmuta, L.M., Peter, A., Nicula, C., Gali, N., Benkovic, T. (2015). Preparation and characterization of improved gelatin films incorporating hemp and sage oils. *Food Hydrocolloids*, 49, 144-155.
- [36] Vanin, F.M., Hirano, M.H., Carvalho, P.A., Moraes, I.C.F., Bittante, B., Sobral, P.J.A. (2014). Development of active gelatin-based nonocomposite films produced an automatic spreader. *Food Research International*, 63, 16-24.
- [37] Hatterm, N.M., Mohes, S., Haug, J.I., Draget, I.K. (2015). Interfacial and rheological properties of gelatin based solid emulsions prepared with acid or alkali pretreated gelatins. *Food Hydrocolloids*, 43, 700-707.
- [38] Wu, J., Ge, S., Liu, H., Wang, S., Chen, S., Wang, J., Li, J., Zhang, Q. (2014). Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, 2(1), 7-16.
- [39] Martucci, J.F., Gende, L.B., Neira, L.M., Ruseckaite, R.A. (2015). Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71, 205-213.
- [40] Pan, I.F., Granda, X.C., Mate, J.I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast filets. *Food Control*, 36, 69-75.
- [41] Li, X., Liu, A., Ye, R., Wang, Y., Wang, W. (2015). Fabrication of gelatin-laponite composite films: Effect of concentration of laponite on physical properties and the freshness of meat during storage. *Food Hydrocolloids*, 44, 390-398.

- [42] Li, J.H., Miao, J., Wu, J.L., Chen, S.F., Zhang, Q. (2014). Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants. *Food Hydrocolloids*, 37, 166-173.
- [43] Joa C., Kangb H., Leea N.Y., Kwonb J.H., Byun M.W. (2005). Pectin- and gelatin-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation. *Radiation Physics and Chemistry*, 72, 745–750.
- [44] Hanani, Z.A., McNamara, J., Roos, Y.H., Kerry, J.P. (2015). Effect of plasticizer content on the functional properties of extruded gelatin-based composite films. *Food Hydrocolloids*, 31, 264-269.
- [45] Ge, L., Li X., Zhang, R., Yang, T., Ye, X., Li D., Mu, C. (2015). Development and characterization of dialdehyde xanthan gum crosslinked gelatin based edible films incorporated with amino-functionalized montmorillonite. *Food Hydrocolloids*, 51, 129-135.
- [46] Weng, W., Zheng, H., Su, W. (2014). Characterization of edible films based on tilapia (*Tilapia zillii*) scale gelatin with different extraction pH. *Food Hydrocolloids*, 41, 19-26.
- [47] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27, 889-896.
- [48] Özbay, T., Ayas, D. (2011). Dondurarak depolanan sardalya (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) filetoalarının raf ömrü üzerine kitosan ve asetik asit uygulamalarının etkileri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 7(2), 11-22.
- [49] Alparslan, Y., Baygar, T., Hasanhoçoğlu, H., Metin, C. (2014). Effects of gelatin-based edible films enriched with laurel essential oil on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. *Food Technology and Biotechnology*, 52(3), 325–333.
- [50] Nowzari, F., Shábanpour, B., Ojagh, S.M. (2013). Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141, 1667-1672.
- [51] Ma, W., Tang, C.H., Yin, S.W., Yang, X.Q., Wang, Q., Liu, F., Wei, Z.H. (2012). Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. *Food Research International*, (49), 572-579.
- [52] Yılmaz, S. (2012). Patates nişastası - jelatin biyofilmlerin üretimi, termal ve kimyasal özelliklerinin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- [53] Matiacevich, S., Acevedo, N., López, D. (2015). Characterization of edible active coating based on alginate–thyme oil–propionic acid for the preservation of fresh chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2792-2801.