

Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı

Gökce SARITAŞ KÜÇÜK¹ , Ömer Faruk ÇELİK¹ , Hasan TÜRE^{2*} 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği, Fatsa-Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 06.09.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 17.10.2017)

Özet

Son yüzyılda artan dünya nüfusu ve çevre kirliliğinin sonucu olarak gıda kaynaklarındaki azalmalar doğal ve işlenmiş gıdaların muhafazasını daha da önemli hale getirmiştir. Bu kapsamda yeni işleme teknolojileri yanında daha uzun raf ömrü sağlayan ambalaj ve depolama tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Biyopolimerlerden elde edilen yenilebilir filmler; doğal, ucuz ve çevre dostu özelliklerinden ötürü son yıllarda gıda ambalajlama materyali olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu derlemede yenilebilir filmlerin yapımında son yıllarda tercih edilen aljinat ve zein biyopolimerlerinin ambalaj materyali olarak potansiyel kullanımları özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aljinat, Zein, Yenilebilir filmler, Kaplamalar, Mekanik özellikler

Using of Alginate and Zein Films in Food Packaging

Abstract

The decline in food resources as a consequence of the increasing world population and environmental pollution in the last century has made conservation of natural and processed foods even more important. In this context, besides new processing technologies, it is necessary to develop packaging and storage techniques that provide longer shelf life. Edible films obtained from biopolymers have been used as food packaging materials in recent years since they are cheap, natural and environmentally friendly. In this review, the potential use of alginate and zein biopolymers, which are preferred for production of edible films in recent years, as packaging materials has been summarized.

Keywords: Alginate, Zein, Edible films, Coatings, Mechanical properties

1. Giriş

Yenilebilir film ve kaplamalar; bir gıdanın yüzeyi üzerinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdalla birlikte yenilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen çevre dostu malzemelerdir. Yenilebilir film/kaplama malzemelerinin kullanımı gıda ürünleri için gereken paketleme malzemesini basitleştirme ve azaltmayı mümkün kıldığı gibi, plastiklerle yapılan gıda ambalajlamasının ciddi sorunlarından olan kanserojen riskini

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: hasanture@odu.edu.tr

ve çevre kirliliğini azaltma potansiyeline sahiptir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda özellikle 2000’li yıllarda yenilebilir film ve kaplamalardaki gelişmeler oldukça hız kazanmıştır. Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında temelde hidrokolloidler (protein ve polisakkarit) ve lipidler kullanılırken, bunların kombinasyonlarından elde edilen kompozit filmlerden de yararlanmak mümkündür.

İyi kaliteye sahip yenilebilir bir filmin; duyuşal özellikleri (şeffaf, tatsız ve kokusuz) yanında bariyer özellikleri (nem, oksijen geçirgenlikleri), gıda ile film ve/veya atmosfer ile film arasında gerçekleşebilecek fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlara karşı kararlı yapıda olması, sağlık açısından güvenilir, çevreyle dost ve düşük maliyetli olması önemlidir. Bu nedenlerden dolayı yenilebilir film ve kaplamalarda genellikle nişasta, selüloz ve türevleri, gamlar (guar, keçiyoynuzu gamı, karagenan, pektinler ve diğer türevleri) ve kitin/kitosan ile aljinatın da içinde yer aldığı polisakkarit esaslı ürünlerden yararlanılmaktadır (Sarıküş 2006). Son yıllarda yapılan araştırmalarda sıklıkla kullanılan yenilebilir film ve kaplamaların başında kahverengi deniz yosunlarından elde edilen polisakkarit bazlı aljin, aljinik asit ve aljinatlar gelmektedir (Norajit et al 2010; Rhim et al 1998). Aljinatlardan elde edilen film ve kaplamalar, ambalaj materyali olarak kullanıldığında gıdanın nem kaybını önlemekte ve lipid oksidasyonu ile artan acılaşmayı azaltmaktadır (Draget et al 1995; Fabra et al 2008a; Fabra et al 2008b). Ayrıca, doğal olarak elde edilmesi aljinata hem çevre dostu olarak hem de ekonomik yönden değer kazandırmaktadır.

Protein bazlı film ve kaplamalara bakıldığında, hayvansal proteinlerden kazein, peynir altı suyu, kollajen ve jelatinin; bitkisel proteinlerden ise zein (mısır), soya ve glutenin daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Yapılan araştırmalarda gıda ambalaj materyali olarak zein çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Birçok çalışmada esnekliğini geliştirmek için zein filmine plastikleştirici maddeler (organik asit, gliserol, şekerler vb.) eklenmesi yoluyla filmde meydana gelen kopmaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Zein, tatların yayılmasında veya maskelenmesinde kontrol amacıyla da kullanılmıştır. Sert kabuklu ürünlerde, ürün üzerindeki antioksidanları sabitleştirerek oksidatif acılaşma, bayatlama ve nemlenmeyi önlemede olumlu etki yapmıştır (Gennadios & Weller 1990). Farklı özelliklerdeki yenilebilir film ve kaplamaların çeşitli gıdalarda etkin bir şekilde uygulandığı yapılan çalışmalarla gösterilmiş olup antimikrobiyal madde ilaveli aljinat ve zein yenilebilir filmlerin de gıdalardaki mikrobiyal yükü azaltarak gıda güvenliğini sağlama, kalite kayıplarını azaltma ve raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Aljinat ve zein bazlı yenilebilir film örnekleri Şekil 1’de verilmiştir.

2. Yenilebilir Polisakkarit Bazlı Film ve Kaplamalar

Yenilebilir polisakkarit bazlı film ve kaplamalar; aljinat, kitin/kitosan, pektin, agar, karagenan, selüloz türevleri, nişasta ve hidrolizatları, dekstran gibi maddelerden oluşmaktadır.

Polisakkaritler suda çözünebilen ve moleköl ağırlığı yüksek olan hidrokolloidlerdir. Birçok polisakkaritin hidrofilik yapısından dolayı filmlerde nem tutma kapasitesi yüzeyde gerçekleşmektedir. (Ali et al 1997). Polisakkarit film ve kaplamaların en

önemli avantajları; yapısal kararlılıkları ve oksijen transferini azaltmalarıdır (Nieto 2009). Bu tip film ve kaplamalar karbondioksit ve oksijen geçirgenlikleri nedeniyle anaerobik ortam oluşturmadan istenilen modifiye atmosfer koşullarını sağlayarak gıdanın raf ömrünü uzatabilmektedir.

Bazı polisakkarit film ve kaplamalar, lipid ve diğer gıda bileşenleriyle beraber oksidasyona karşı ortak koruma da sağlamaktadır (Baldwin et al 1995; Banker 1966; Gontard et al 1996).

Kitosan; bazı eklembacaklıların kabuklarında, bakteri ve mantarların hücre duvarlarında bulunan kitinin (β -(1-4)-poli-N-asetil-D glukozamin) asetillendirilmesi yoluyla elde edilen bir polimerdir (Duman ve Şenel, 2004). Toksik ve alerjik olmamasının yanında biyobozunur ve ekonomiktir. Kitosanın gıda ambalajlamasında en önemli kullanım şekli film olarak, özellikle sebze ve meyvelerin raf ömrünü ve kalitesini artırması şeklindedir. Kitosan bazlı film ve kaplamalar iyi bir oksijen bariyeri olması yanında çevresiyle arasında nem transferini ve sıcaklığı kontrol altında tutmaktadır. Kitosan film ve kaplamalar, et ve su ürünlerinin güvenilirliğinin ve raf ömrünün korunmasında başarılı bir materyal olarak kullanılmaktadır (Crackel et al 1988; Gómez-Estaca et al 2007; Kim & Thomas 2007; Sathivel 2005; Tsai et al 2002; Yılmaz et al 2007).

Karagenan; kırmızı deniz yosunlarının (*Rhodophyceae*) bazı türlerinden su ekstraksiyonuyla elde edilen bir polimerdir. Gıda teknolojisinde kullanılan karagenan bazlı film ve kaplamalar; kappa(κ), iota(ι) ve lambda(λ) polimerlerinden üretilmektedir. Karagenan, büyük veya küçük molekül yapısı gösterir. Fareler üzerinde yapılan araştırmalarda, küçük moleküllü karagenanın farelerin bağırsak fonksiyonlarını olumsuz etkilediği tespit edildiğinden gıda sanayinde kullanılan karagenanın büyük moleküllü olması tercih edilmektedir (Çakmakçı & Çelik 2004). Karagenan, bazı polisakkaritlerin birleşimi olup gıda teknolojisinde jelleştirme, kıvam artırma ve gıdaların viskozitelerini iyileştirmede kullanılmaktadır. Gıda uygulamalarında kullanılan karagenan film ve kaplamalar ise tavuk ürünleri ile balıkların raf ömrünü ve kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Baldwin et al 1995; Meyer et al 1959; Nisperos-Carriedo 1994; Pearce & Layers 1949).

Pektinler, bitki hücrelerinin orta lamellerinden bulunan polisakkaritlerdir. Metil ester içeriğine bağlı olarak pektinlerin çözünürlük ve jelleşme özellikleri değişmektedir. Pektin bazlı film ve kaplamaların düşük nemli gıdalarda kullanıldığı fakat çok iyi bir nem bariyeri olmadığı belirlenmiştir. Biftek parçaları kalsiyum pektinat jeli ile kaplandığında büzülme azalttığı ve bakteriyel gelişimi yavaşlattığı görülmüştür (Gennadios 2002). Düşük metoksilli pektin kaplamalar ise yapışkanlığı azaltıp görünüşü iyileştirmek amacıyla fındıklarda kullanılmıştır (Baldwin et al 1995).

Film ve kaplamaların hazırlanmasında çok yaygın olarak kullanılan ham materyaller nişasta ile selüloz ve bunların türevleridir. Selüloz türevleri; CMC (E466, karboksi metil selüloz), MC (E461, metil selüloz), HPMC (E464, hidroksipropil metil selüloz) ya da HPC (E463, hidroksipropil selüloz) olarak kullanılmaktadır (Skurtys et al 2010). Selüloz türevleri, bulundukları polimer zincir sayesinde yenilebilir film ve kaplamaları suda çözünen, lipidlere dirençli ve esnek hale getirmektedir (Baldwin et al 1995). Metilselüloz (MC), selülozun metilklorid ile tepkimeye girdikten sonra alkali ile

reaksiyonu sonucu oluşan selüloz türevidir (Dursun & Erkan 2009). MC ve HPMC soğuk suda çözünerek etlere uygulanan kaplamalarda pişirme sırasındaki besinsel kaybı minimuma indirmekte, dondurulmuş cips ve soğan kızartmalarında yağ alımını; tavuk ürünleri ve su ürünlerinde ise glazing (ince buz ile kaplama) olarak kullanıldığında nem kaybını azaltmaktadır. CMC ise muz, elma ve portakal gibi meyvelerde oksijen ve karbondioksit geçişine izin vermeyerek bariyer görevi yapmaktadır (Gennadios 2002; Kester & Fennema 1986; Krochta & Mulder-Johnston 1997; Saldamlı 1985).

Dekstran; D-glukopiranosil birimlerinin glikozit bağlarının farklı dizilişleri ve miktarlarıyla oluşan mikrobiyal gamlardır. Genel olarak, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Leuconostoc dextranum* sükröz fermentasyonu ile dekstran biyosentezinde görevli mikroorganizmalardır. Dekstranlar, depolama sırasında koruyucu kaplama olarak sıvı solüsyon veya dispersiyon şeklinde parça etlere, sosis, pastırma gibi kırmızı et ürünlerine ve soyulmamış karidese, balıklara uygulanmaktadır (Gennadios et al 1997).

2.1. Aljinat Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Kahverengi deniz yosunlarının alkali ile reaksiyona girmesiyle elde edilen aljinatlar, gıda endüstrisinde ve endüstriyel alanda birçok uygulamalarda kullanılan hidrokolloidlerdendir. Aljinatlar, *Phaeophyceae* sınıfından ekstrakte (izole) edilen linear D-mannuronik ve L-guluronik asit monomerlerinin aljinik asit tuzudur (Lu et al 2009; Sanderson 1981). *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyberborea*, *Laminaria digitata* ve *Ascorphyllum nodosum* türlerinden elde edilmektedir. ABD, İngiltere, Fransa, İspanya, Norveç, Kanada ve Japonya gibi ülkelerde aljinat üretimi yapılmaktadır (Gombotz & Wee 2012).

Aljinatlar suda çözünen polisakkaritlerdir. Formülasyonunda; R-D-mannuronate (M) ve a-L-guluronate (G) asit birimlerinden oluşup (1-4)-bağlantılı farklı pozisyonlarda ve zincirin farklı yerlerinde bulunurlar. M ve G birimlerinin kimyasal birleşimi ve dizilişleri yosunun ne kadar olgunlaştığına ve biyolojik kaynağına göre değişmektedir (King 1983). Aljinat bazlı yenilebilir film ve kaplamalar uzun zamanlardan beri birçok gıda ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılmaya devam etmektedir. Gıda ürünlerinde nem kaybını önlemekten ziyade lipid oksidasyonu ile ortaya çıkan acılaşmayı önleyici özelliği ön plana çıkmaktadır. Böylece meyve ve sebzelerde kararmayı, hayvansal ürünlerde ise acılaşmayı engellemektedir (Yeşiltaş 2012). Aljinatlar; su ürünlerinde ve et ürünlerinde yaygın şekilde kullanılan materyallerden birisidir. Ayrıca dondurma ve peynirlerde stabilizatör, sütlü puding ve jel halindeki sulu tatlılarda jelleştirici olarak, meyveli içecek ve diğer sulu meşrubatlarda süspansiyon oluşturarak koyulaştırıcı, birada köpük oluşturucu ve mayonezde ise emülgatör rolünde kullanılmaktadır (Datta et al 2008; Erickson & Hung 2012; Gennadios 2002; Gennadios et al 1997; Gombotz & Wee 2012).

Birçok gıda ürününde aljinat kullanımıyla raf ömrünün artırılması ve kalite kayıplarının azaltılmasına yönelik araştırmalar yapılmakta ve sürekli yeni yöntemler geliştirilmektedir. Aljinat esaslı filmlerin herhangi bir alerjik etkisine rastlanmamış olup doğal olarak elde edilmesi aljinatı hem çevre dostu hem de ekonomik olarak avantajlı kılmaktadır (Yeşiltaş 2012).

2.2. Aljinat Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalarla İlgili Çalışmalar

Field et al (1986) tarafından yapılan çalışmada; glikoz oksidaz enzimi ilaveli aljinat kaplamalar, dondurulmuş ve taze *Pseudopleuronectes americanus* türü yassı balık filetosunda ve bütün balıkta kullanılmıştır. Bu çalışmada glikoz oksidaz içeren aljinat kaplamanın duyuusal özelliğın korunmasında ve bozulma kokusunun engellenmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Siragusa & Dickson (1992) organik asit ilave edilmiş aljiinat ile kaplanan sığır eti karkaslarında *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 gelişiminde sırasıyla 1.80, 2.1 ve 0.74 log azalma gerçekleştiğini göstermişlerdir. Bir diğeri çalışmada laktik asidi aljinat kaplamayla beraber kullanarak sığır etinde *L. monocytogenes*'in inhibisyonu hedeflenmiştir. Depolama sürecinde (7 gün) aljinat kaplamaların potansiyel koruyucu olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Gennadios et al (1997) -18°C sıcaklıkta muhafaza boyunca polietilen torbalara konulmuş aljinat kaplı ringa balıklarının, polietilen torbalardaki kaplanmayan kontrollerden biraz daha fazla nem içeriğine ve daha az lipid oksidasyonuna (daha düşük TBA değeri) sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang & Quantick (1998), mozarella peynirini kitosan, sodyum aljinat ve soya proteini izolatlarını kullanarak kaplamışlar ve depolama boyunca sodyum aljinatın peynirin fizikokimyasal özelliklerini daha iyi koruduğunu bulmuşlardır.

Wang et al (2007) yaptıkları çalışmada karboksi metil selüloz (CMC), jelatin, peynir altı suyu proteini izolatu, patates nişastası, sodyum kazeinat ve sodyum aljinat ile hazırlanan yenilebilir filmlerle yapılan çalışmada sodyum aljinatın en düşük su buharı geçirgenliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada sodyum aljinat filminin uzama yüzdesi ve gerilme gücü en yüksek olan yenilebilir film olduğu belirtilmiştir.

Rojas-Graü et al (2007) aljinat ve jelatin kaplı elmalarda kaplamaların su buharı direncini ayçiçeği yağı kullanarak artırmışlardır (aljinatta 15.7'den 19.2'ye, jelatinde ise 14.6'dan 27.6s/cm'ye çıkmıştır). Ayçiçek yağı eklenmesi aljinat kaplamaya kıyasla jelatin kaplamada daha iyi bir etki göstermiştir.

Marcos et al (2007) yaptıkları çalışmada sığır jambonunda *L. monocytogenes*'i inhibe etmek amacıyla belli konsantrasyonlarda Enterosin içeren aljinat filmlerle kaplama yapmışlardır. Soğuk muhafazada (6 °C) kontrol grubuna ait mikrobiyal yükün 8 gün sonunda 10⁴'den 10⁷kob/g'a yükseldiği görülürken %5 aljinat kaplamalı jambon gruplarında *L. monocytogenes*'in inhibisyonunun sağlandığı tespit edilmiştir.

Olivas et al (2007) tarafından "Gala" elmalarında aljinat, asetilleştirilmiş aljinatlı monogliserid linoleik asit ve aljinat-yağ-linoleik asit gibi farklı kaplama içerikleri uygulanarak ve 5°C'de %85 bağıl nemde muhafaza edilmiştir. Düzenli olarak ağırlık kaybı, renk, tekstür, mikrobiyal yük ve asitlik gelişimi kontrol edilmiştir. Bütün kaplama çeşitleri, "Gala" elmalarında kahverengileşmeyi önleyici etki sağlamış ve elmaların sıklık (firmness) özelliklerini korumuştur. Kaplamaların asitlik, mezofil ve

psikrofil bakteriler ile maya ve küf sayılarında önemli bir azalma sağlamadığı belirlenmiştir.

Norajit et al (2010) yaptıkları çalışmada 0.5g/ml ginseng ekstraktı içeren %2'lik aljinat ihtiva eden biyobozunur filmin antioksidan özelliklerini ve film yapısındaki değişiklikleri araştırmışlardır. Ginseng ekstraktı filme iyi adapte olmuş ve antioksidan aktiviteyi artırmış, filmin nem içeriğinde ise belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır. Ayrıca, ginseng katkısıyla filmin gerilme direnci ve elastikiyetinde azalma olurken uzama yüzdesinde ise artış meydana gelmiştir. Aljinat filmlere ait bazı mekanik özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

3. Yenilebilir Protein Bazlı Film ve Kaplamalar

Yenilebilir protein film ve kaplamalar; bitkisel (mısır zeini, soya proteini, buğday gluteni vb.) ve hayvansal protein (kazein, peynir altı suyu, kollajen vb.) bazlı olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

Protein bazlı film ve kaplamalar; oksijen, karbondioksit ve lipitlere karşı bariyer olma ve mekanik özellikler bakımından polisakarit bazlı film ve kaplamalara kıyasla daha iyidir. Filmin geçirgenlik özellikleri, proteinlerin amino ve karboksil grupları arasındaki etkileşimlere bağlı olarak izoelektrik noktasındaki değişmelere göre farklılık gösterebilmektedir. Film çözeltisi dökülürken sahip olduğu pH değerinin film özelliklerinde (renk, yapı, gerilme direnci gibi) farklılıklara neden olduğu gözlenmiştir (Gennadios et al 1993a).

Protein kaynaklı film ve kaplamaların en önemli avantajları fiziksel kararlılıklarının yüksek olması ve bundan dolayı ürüne istenilen şeklin verilmesini sağlamasıdır (sucuk kılıfları gibi) (Gennadios et al 1993b). Protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar, ayrıca kullanıldığı gıdayı besin değeri açısından da zenginleştirmektedir (Dursun & Erkan 2009).

Kollajenler; hayvanlarda deri ve konnektif doku bileşenlerinde bol miktarda bulunan protein polimerleridir. Kollajenler; film ve kaplama olarak ticari anlamda yaygın olarak kullanılırlar. Özellikle kollajen kılıflar; sosis kaplamalarında doğal bağırsakla aynı görevi üstlenmekte ve daha çok kullanılmaktadır. Sosis ve et ürünlerinin kaplanması için kullanılan kollajen kılıflar, çok kalın üretilmediği sürece ürünle birlikte yenilebilir veya tüketilmeden önce üründen uzaklaştırılabilirler (Baker et al 1994). Bu tür film ve kaplamalar ürün işlenirken sağlam kalabilen ve gerilme miktarı yüksek olan esnek bir yapıya sahiptirler. Görünüş olarak şeffaf olup sağlıklıdır. Kapladıkları gıdanın net ağırlığını da arttırırlar (Kutas 1984).

Buğday gluteni; buğday ununun suda çözünmeyen proteinleridir. Gluten; gliadin ve glütenin polipeptidlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Yüksek molekül ağırlığı, apolar karakteri ve yapısal çeşitliliği önemli özelliklerindedir. Yüksek nem geçirgenliğine sahip olup, oksijen ve karbondioksit geçirgenliği düşüktür (Muilen 1971; Turbak 1972). Bu film ve kaplamalar; gıda esaslı katkı maddeleri kullanıldığı ve doğal olmayan maddeler kullanılmadığı zaman yenilebilir özelliktedirler (Temiz & Yeşilsu 2006). Fakat bazı insanların glutene karşı duyarlılığından dolayı herkes tarafından kabul

görmüş hammaddeler kısmına giremezler. Gluten kaplamalar tuz ve tat vericilerin çerezler üzerine kaplanmasını sağlamakta ve fırıncılık ürünlerinde tat ve renk etkenlerinin kapsülasyonunda da kullanılmaktadır (Gennadios & Weller 1990; Krochta & Mulder-Johnston 1997; Muilen 1971; Turbak 1972).

Soya proteini ham materyal olarak gıda endüstrisinde çok yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle Uzakdoğu ülkelerinde üretilmektedirler. Soya protein konsantresi ve soya protein izolatları kuru ağırlık olarak %70–90 oranında proteinden oluşmaktadır. Soya proteini izolatları, yağı alınmış soya keklerinin seyreltik alkali ile ekstraksiyonu sonucunda elde edilmektedir. Ekstraksiyon sonucu protein, pH değerinin 4.5 altına düşürülmesi ile çöktürülür ve daha sonra santrifüj yardımıyla ayrılıp kurutulur (Gennadios et al 1993a). Film oluşumu; protein polimerizasyonundan sorumlu olan disülfid bağlarının ısı uygulamasıyla artmaktadır (Temiz & Yeşilsu 2006).

Süt proteinleri düzenli yapılarından dolayı geçirgenliğin kontrolü açısından, yenilebilir filmlerin üretimi için çok uygundur. Süt proteini; %80 kazein ve %20peynir altı suyundan oluşur (Chen 1995; McHugh & Krochta 1994).

Kazeinler, suda çözünebilen fosfoproteinlerdir. Kazeinden elde edilen filmler şeffaf, kokusuz ve esnektir (Krochta & Mulder-Johnston 1997). Meyve ve sebzelerin korunmasında kazein film ve kaplamaların yapısına ilave edilen yağ ile nem geçirgenliğine karşı direnci artırılmaktadır. Kazeinlerin asitte koagüle olanları pH6.7'de sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum hidroksit kullanılarak çözülebilirler. Yağlar ile birleştiğinde taze meyveleri, kuru meyve sebzeleri ve dondurulmuş balıkları nem geçişine ve oksidasyona karşı koruma işlevindedirler (Krochta & Mulder-Johnston 1997). Kazein ve sodyum kazeinat, yağ (pamuk, mısır, soya, keten tohumu veya ayçiçeği yağı) içeren kaplamalar; çikolatalı kek, çikolata ve fındık gibi ürünlerde raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır (Acar & Alper 1996; Krochta & Mulder-Johnston 1997; McHugh & Krochta 1994).

Peynir altı suyu, peynir üretimi esnasında çok miktarda açığa çıkmakta olup son zamanlarda yapılan araştırmalarla değerlendirilmeye başlanan önemli bir süt proteini kaynağıdır. Peynir altı suyu protein filmi oksijen geçirgenliğini engellemede üstün özelliklere sahip olmasına rağmen, nem bariyeri özelliği hidrofilik yapısı nedeniyle yeterince dirençli değildir. Peynir altı suyu proteinlerinden üretilen filmler, berrak ve kokusuz olup yüksek elastikiyet özelliklerine sahiptir (Anker 1996; Shellhammer & Krochta 1997). Peynir altı suyu proteini kaplamalar; dondurulmuş balıklarda antioksidan özellik sağlar ve pişirilmiş gıdalarda, şekerleme, çikolata ve bisküvi ürünlerinde kullanılırlar. Peynir altı suyu proteinleri ve peynir altı suyu proteinleri-asetile edilmiş monogliserit karışımı kaplamalar kahvaltılık gevreklerde nem geçirgenliğini ve kuru üzümün yapışkanlığını azaltma amaçlı olarak kullanılmaktadır (Krochta & Mulder-Johnston 1997).

3.1. Zein Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Oldukça parlak ve sert bir yapıya sahip olan zein, yağ bariyer özelliğine sahip film ve kaplamaların hazırlanmasında yaygın olarak kullanılan bir biyopolimerdir (Gennadios & Weller 1990). Taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) elde edilen görüntüler, zein

filmlerin porlu bir yapı sergilediğini göstermektedir (Şekil 2). Birçok çalışmada zein filminin kırılma yapısından dolayı esnekliğini geliştirmek için plastikleştirici maddeler (organik asit, gliserol, şekerler vb.) eklenerek filmde meydana gelen kopmaların önüne geçilmiştir. Yapılan araştırmalarda; gliserolle plastikleştirilmiş filmlerin yüksek su aktivitesinde, plastikleştirilmemiş filmlere kıyasla beş kat daha fazla su absorpsiyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Plastikleştirilmiş filmlerin daha yüksek nem tutma kapasiteleri kullanılan plastikleştiricilerin (gliserolün) hidrofilik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Polietilen glikol veya laktik asit ile plastikleştirilmiş filmler gliserolle plastikleştirilmiş filmlerden daha düşük su absorpsiyonuna sahiptir (Temiz & Yeşilsu 2006). Zein filmlere ait bazı mekanik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Zein film kaplamalar fındık, şeker, şekerleme ürünleri başta olmak üzere birçok gıdalarda kullanılmıştır. Zeinin gıda değeri asetil olmayan gliseritler ve özel ağartıcı maddeler katılarak artırılmıştır. Küçük meyve parçaları, kuru yemişler ve dondurularak kurutulmuş bazı gıdalar zein ile kaplanmıştır (Yıldırım & Barutçu-Mazı 2017). Zein ilaç endüstrisinde kapsüllerin kaplanmasında koruma amaçlı ve tatların yayılması ya da engellenmesinde kontrol amacıyla da kullanılmaktadır (Mchugh et al 1994). Ayrıca sosis kılıflarında kollajenlere alternatif olarak, kuru gıdalarda ise suda eriyen poşetlerin üretiminde bitki kaynaklı biyopolimer olarak uygulanmıştır (Georgevits 1967; Turbak 1972). Domatesler zeinle kaplandığında, parlaklığını ve nem geçirgenliğini azaltmakta, renk değişimini de geciktirmektedir.

3.2. Zein Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalarla İlgili Çalışmalar

Yenilebilir protein bazlı filmlerin kıyaslandığı çalışmada; mısır zeini, buğday gluteni ve buğday gluteni/soya proteini izolatu filmlerinin 4 farklı sıcaklıktaki oksijen geçirgenlikleri incelenmiş ve sıcaklık arttıkça geçirgenlik değerinin azaldığı, en yüksek geçirgenliğin mısır zeini filmde en az geçirgenlik değerinin ise buğday gluteni/soya proteini izolatından elde edilen filmde olduğu görülmüştür (Gennadios et al 1993a).

Wong et al (1996) yaptıkları bir çalışmada zein bazlı filmle kaplanan tavuk yumurtalarında depolama süresi boyunca yumurta albumini, soya proteini izolatu, buğday gluteni ve mineral yağ çözeltileriyle muamele edilen yumurtalara kıyasla daha az su kaybı gerçekleşmiş ve Haugh birim değerlerinin (iç kalite kriteri) başlangıçtaki değerini koruduğu saptanmıştır. Ayrıca kaplamanın, koruyucu bir bariyer oluşturmak suretiyle yumurta kabuklarının kırılma dayanımını geliştirdiği belirlenmiştir.

Yağsız nişastalı ürünlerin farklı yenilebilir filmlerle kaplanmasının nem tutma ve yağ alımındaki azalmaya etkilerinin incelendiği bir çalışmada 47 mm çapındaki ezilmiş patates topları gıda modeli olarak kullanılmıştır. Örnekler; mısır zeini, HPMC (Hidroksipropil Metil Selüloz) ya da MC (Metil Selüloz) ile kaplanırken kaplanmamış örnekler kontrol örnekleri olarak seçilmiştir. Kontrol örneklerine kıyasla sırasıyla mısır zeini, HPMC ve MC ile kaplanan örneklerde nem kaybında %14.9, %21.9, %31.1’lik azalma gözlenmiştir. Yine buna benzer olarak sırasıyla mısır zeini, HPMC, MC filmleri ile kaplanan örneklerde yağ alımında %59, %61.4, %83.6’lık bir azalma gözlenmiştir. Nem kaybında ve yağ alımındaki azalma açısından en iyi bariyer özelliği MC filmin gösterdiği saptanmıştır (Mallikarjunan et al 1997).

Padgett et al (1998), nisin ve lizozimin gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal etkisini inceledikleri bir çalışmada, antimikrobiyal olarak nisin ya da lizozim ilave edilmiş mısır zeini ve soya proteininden yapılan filmlerde, zein film içindeki lizozim konsantrasyonu arttıkça filmin, *Lactobacillus plantarum* inoküle edilmiş ortamda oluşturduğu inhibisyon alanı artmıştır. Ayrıca, filme EDTA ilave edilmesiyle *E. coli*'ye karşı inhibe edici etkinin arttığı saptanmıştır.

Zein filmle modifiye atmosfer ortamının yaratılmasının taze brokoli yapraklarına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; taze brokoli yaprakları cam bir kavanoza konmuş ve üstü yenilebilir mısır zeini filmi ile kapatılmış, ambalajın içinde modifiye atmosfer ortamı yaratılarak brokoli örnekleri soğutucuda 6 gün süreyle depolanmıştır. 6.günün sonunda film materyalinin ambalajın içinde modifiye atmosfer ortamının gelişmesini sağladığı ve brokoli yapraklarının ilk günkü tazeliğini ve rengini koruduğu gözlenmiştir (Rakotonirainy et al 2001).

Janes et al (2002), yaptıkları çalışmada, tüketime hazır tavuk ürünlerinin kaplanmasında zein filmlerinin kullanımını incelemişlerdir. *L. monocytogenes* inoküle edilmiş tavuklar, nisin ve/veya kalsiyum propiyonat içeren zein filmlerine daldırılarak kaplanmıştır. Nisin içeren filmlerin et ürünlerinde potansiyel bir patojen olan *L. monocytogenes*'in kontrolünde etkili olduğu belirlenmiştir.

Mecitoğlu et al (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, gıda güvenliği artırma amaçlı olarak lizozimin, zein filmlerde kullanılabilmesi gösterilmiştir. Kısmen saflaştırılmış lizozim eklenen zein filmlerin *Bacillus subtilis* ve *Lactobacillus plantarum* üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, disodyum EDTA ilavesi yapılan zein filmlerin *E. coli* üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Aljinat ve zein kaplamaların taze domateslerdeki kalite kriterleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kaplamaların solunum hızını yavaşlatarak ve etilen oluşumunu sınırlandırarak olgunlaşmayı geciktirdiği böylece renk ve tekstür özelliklerini koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her iki kaplamanın domatesteki özellikle askorbik asit içeriğini muhafaza ettiği görülmüştür. Duyusal analizlerde ise zein kaplamaları domateslerin en yüksek toplam kaliteye sahip olduğu belirlenmiştir (Zapata et al 2008).

Ünalın et al (2013)'e ait çalışmada, *L. monocytogenes* inoküle edilmiş kaşar peyniri; lizozim, kateşin ve gallik asit ilave edilen zein ve çeşitli zein-mum (carnauba, candelilla ve bal mumu) kompozit filmleriyle kaplanmış 4°C'de 56 gün boyunca depolanmıştır. Lizozim bulunduran tüm filmler, depolama süresince *L. monocytogenes* sayısının artmasını engellerken sadece zein-karnauba mumu kompozit filminin başlangıç mikrobiyal yükünde önemli bir azalma sağladığı belirlenmiştir. Kateşin ve gallik asitin antimikrobiyal etkisi sadece *in vitro* olarak belirlenirken kaşar peynir üzerinde önemli bir etkisine rastlanmamıştır. Diğer taraftan, gallik asit ve kateşinin oksidatif değişimlerin engellenmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Ultra filtre İran Feta peyniri üzerinde yapılan çalışmada, zein filmine farklı oranlarda (%1-4) *Zataria multiflora* boiss (dağ kekiği) uçucu yağı ilave edilmiş ve peynirler filmlerle kaplandıktan sonra 14 gün boyunca 4°C'de depolanmıştır. Depolama süresince

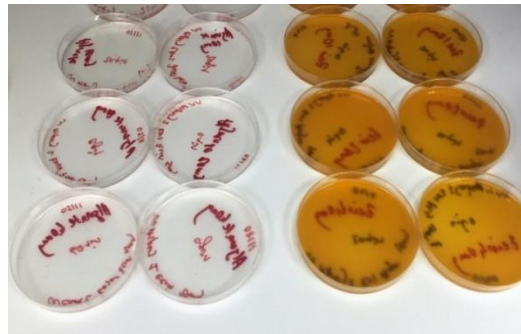
artan konsantrasyonlarda uçucu yağ içeren zein filmlerinin *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* sayılarını önemli miktarda azalttığı belirlenmiştir (Ghasemi et al 2015).

Yıldırım & Barutçu-Mazı (2017)'ye ait çalışmada iç fındıklar, fındık iç zarı ve alfa tokoferol içeren zeinle kaplanmıştır. 40°C'de 5 ay boyunca depolanan fındıklarda zein kaplamalarının herhangi bir kaplama uygulanmayan fındıklara kıyasla oksidatif acılaşmayı engellediği tespit edilmiştir. Fındık zarı içeren zein kaplamalarının oksidatif acılaşmaya etkisi herhangi bir katkı bulundurmeyen zein kaplamalarıyla aynı bulunurken, alfa tokoferol varlığının oksidatif acılaşmayı engellemede daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, alfa tokoferol varlığının fındıklara daha pürüzsüz bir dış yüzey kazandırdığı bildirilmiştir.

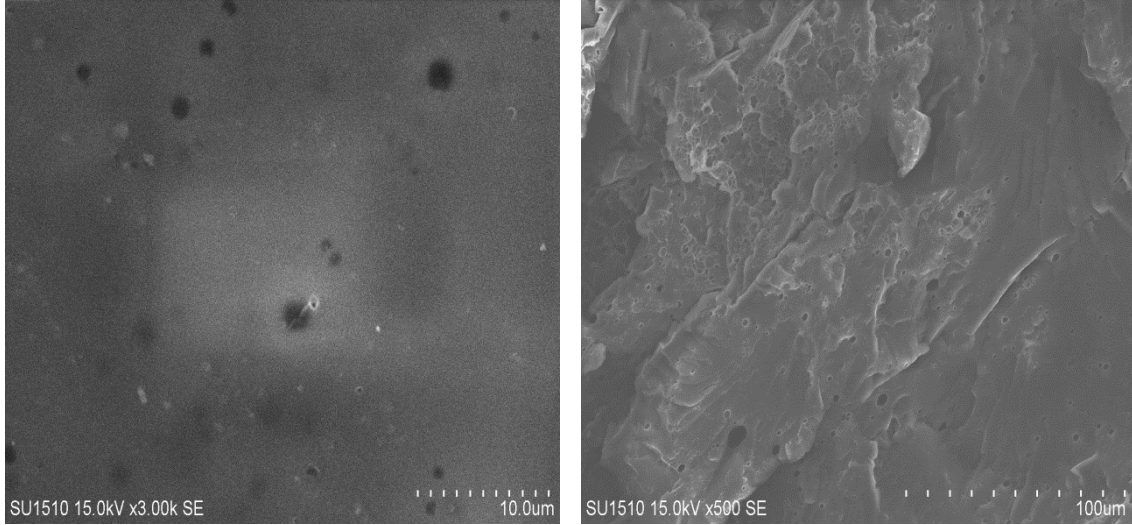
4. Sonuç

Çevreye duyarlı ambalaj materyallerine ve gıda kalitesini ve güvenliğini artırmada doğal maddelere olan ihtiyaçlar yenilebilir filmlere olan ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır. Bu derlemede, zein ve aljinat bazlı yenilebilir film ve kaplamaların gıdalardaki güncel uygulamalarına ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

Sonuç olarak, uygulanan ürün çeşidine, bileşimine ve fiziksel özelliklerine, filmin uygulanma şekline ve birlikte uygulandığı ilave maddelere bağlı olarak her iki filmin bazı üstün özellikleri göze çarpmaktadır. Bunun yanında, bazı ilave maddeler kullanıldığında filmlerin gerek fiziksel gerekse bariyer olarak zayıf yönlerinin geliştirilebildiği görülmektedir. Bu durum, aljinat ve zein film ve kaplamalarının gıda uygulamalarındaki potansiyelini ortaya koyarken yeni çalışmalara olan ihtiyacı da beraberinde getirmektedir. Film ve kaplamaların uygulamaya yönelik özellikleri geliştirilirken yenilebilir, çevre dostu, biyobozunur ve düşük maliyet gibi avantajlarının da kaybedilmemesi hususu önemlidir. Aljinat ve zein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar gıda uygulamalarında oldukça yüksek potansiyele sahip olup gıda kalitesi ve güvenliğinin artırılmasında önemli ambalaj malzemeleridir.



Şekil 1. Aljinat (sol) ve zein (sağ) filmler
Figure 1. Alginate (left) and zein (right) films



Şekil 1. Zein filmlerine ait kesit (sol) ve yüzey (sağ) taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri
Figure 2. Scanning electron microscope images for section (left) and surface (right) of zein films

Kaynakça

1. Acar J & Alper N (1996). Yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Mühendisliği Dergisi* **1** (4): 3-9
2. Ali Z, Lazan H & MITRA S (1997). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. *Postharvest of Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*
3. Alkan D, Aydemir L Y, Arcan I, Yavuzdurmaz H, Atabay H I, Ceylan C & Yemenicioğlu A (2011). Development of flexible antimicrobial packaging materials against *Campylobacter jejuni* by incorporation of gallic acid into zein-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59** (20): 11003-11010
4. Anker M (1996). Edible and biodegradable films and coatings for food packaging: a literature review. SIK Institutet för livsmedelsforskning, Göteborg, Sverige
5. Arcan I & Yemenicioğlu A (2011). Incorporating phenolic compounds opens a new perspective to use zein films as flexible bioactive packaging materials. *Food Research International* **44** (2): 550-556
6. Baker R A, Baldwin E A & Nisperos-Carriedo M O (1994). Edible coatings and films for processed foods. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* **1**: 89
7. 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
8. Banker G S (1966). Film coating theory and practice. *Journal of Pharmaceutical Sciences* **55** (1): 81-89
9. Benavides S, Villalobos-Carvajal R & Reyes J (2012). Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and

- oregano essential oil concentration. *Journal of Food Engineering* **110** (2): 232-239
10. Chen H (1995). Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. *Journal of Dairy Science* **78** (11): 2563-2583
 11. Crackel R H L, Gray J, Booren A, Pearson A & Buckley D (1988). Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. *Journal of Food Science* **53** (2): 656-657
 12. Çakmakçı S & Çelik İ (2004). Gıda Katkı Maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesis, Erzurum, 214s*
 13. Datta S, Janes M, Xue Q G, Losso J & La Peyre J (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)
 14. Draget K, Storker T M, Gudmund S & Olav S (1995). Alginates. In *Food Polysaccharides and Their Applications*, CRC Press, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL
 15. Dursun S & Erkan N (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of FisheriesSciences.com* **3** (4): 352-373
 16. Erickson M & Hung Y-C (2012). *Quality in frozen food*. Springer Science & Business Media
 17. Fabra M J, Hambleton A, Talens P, Debeaufort F, Chiralt A & Voilley A (2008a). Aroma barrier properties of sodium caseinate-based films. *Biomacromolecules* **9** (5): 1406-1410
 18. Fabra M J, Talens P & Chiralt A (2008b). Effect of alginate and λ -carrageenan on tensile properties and water vapour permeability of sodium caseinate-lipid based films. *Carbohydrate Polymers* **74** (3): 419-426
 19. Field C E, Pivarnik L F, Barnett S M & RAND A G (1986). Utilization of glucose oxidase for extending the shelf-life of fish. *Journal of Food Science* **51** (1): 66-70
 20. Gennadios A (2002). *Protein-based films and coatings*. CRC Press
 21. 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
 22. Gennadios A & Weller C L (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*
 23. Gennadios A, Weller C L & Testin R (1993a). Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. *Journal of Food Science* **58** (1): 212-214
 24. Gennadios A, Weller C L & Testin R F (1993b). Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films

25. Georgevits L E (1967) Method of making a water soluble protein container, Google Patents
26. Ghasemi S, Javadi N H S, Moradi M & Khosravi-Darani K (2015). Application of zein antimicrobial edible film incorporating Zataria multiflora boiss essential oil for preservation of Iranian ultrafiltered Feta cheese. *African Journal of Biotechnology* **14** (24): 2014-2021
27. Gombotz W R & Wee S F (2012). Protein release from alginate matrices. *Advanced Drug Delivery Reviews* **64**: 194-205
28. Gómez-Estaca J, Montero P, Giménez B & Gómez-Guillén M (2007). Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food chemistry* **105** (2): 511-520
29. Gontard N, Thibault R, Cuq B & Guilbert S (1996). Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **44** (4): 1064-1069
30. Janes M, Kooshesh S & Johnson M (2002). Control of *Listeria monocytogenes* on the surface of refrigerated, ready-to-eat chicken coated with edible zein film coatings containing nisin and/or calcium propionate. *Journal of Food Science* **67** (7): 2754-2757
31. Kester J J & Fennema O (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technology (USA)*
32. Kim K W & Thomas R (2007). Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. *Food Chemistry* **101** (1): 308-313
33. Kim S, Sessa D & Lawton J (2004). Characterization of zein modified with a mild cross-linking agent. *Industrial Crops and Products* **20** (3): 291-300
34. King A (1983). Brown seaweed extracts (alginates). *Food Hydrocolloids* **2**: 115-188
35. Koushki M, Azizi M, Azizkhani M & Koohy-Kamaly P (2015). Effect of different formulations on mechanical and physical properties of calcium alginate edible films. *Journal of Food Quality and Hazards Control* **2** (2): 45-50
36. Krochta J M & Mulder-Johnston D (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology (USA)*
37. Kutas R (1984). Great sausage recipes and meat curing. The Sausage Maker Inc, New York
38. Lai H-M & Padua G W (1997). Properties and microstructure of plasticized zein films. *Cereal chemistry* **74** (6): 771-775
39. Lai H-M & Padua G W (1998). Water vapor barrier properties of zein films plasticized with oleic acid. *Cereal Chemistry* **75** (2): 194-199
40. Lu F, Liu D, Ye X, Wei Y & Liu F (2009). Alginate–calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 C. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **89** (5): 848-854

41. Mallikarjunan P, Chinnan M, Balasubramaniam V & Phillips R (1997). Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT-Food Science and Technology* **30** (7): 709-714
42. Marcos B, Aymerich T, Monfort J M & Garriga M (2007). Use of antimicrobial biodegradable packaging to control *Listeria monocytogenes* during storage of cooked ham. *International Journal of Food Microbiology* **120** (1): 152-158
43. McHugh T H & Krochta J M (1994). Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technology* **48** (1): 97-103
44. McHugh T H, Weller C L & Krochta J M (1994). Edible coatings and films based on proteins, 201 pp
45. Mecitoğlu Ç, Yemenicioğlu A, Arslanoğlu A, Elmacı Z S, Korel F & Çetin A E (2006). Incorporation of partially purified hen egg white lysozyme into zein films for antimicrobial food packaging. *Food Research International* **39** (1): 12-21
46. Meyer R, Winter A & Weiser H (1959) Edible protective coatings for extending the shelf life of poultry, pp. 146-148, Inst Food Technologists, Suite 300 221 N Lasalle St, Chicago, IL 60601-1291
47. Muilen J D (1971) Film formation from nonheat coagulable simple proteins with filler and resulting product, Google Patents
48. Nieto M B (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*pp. 57-112, Springer
49. Nisperos-Carriedo M O (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* **1**: 322-323
50. Norajit K, Kim K M & Ryu G H (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering* **98** (3): 377-384
51. Olivas G, Mattinson D & Barbosa-Cánovas G (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’apples. *Postharvest Biology and Technology* **45** (1): 89-96
52. Olivas G I & Barbosa-Cánovas G V (2008). Alginate–calcium films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food Science and Technology* **41** (2): 359-366
53. Padgett T, Han I & Dawson P (1998). Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films. *Journal of Food Protection* **61** (10): 1330-1335
54. Pearce J A & Layers C (1949). Frozen storage of poultry: V. Effects of some processing factors on quality. *Canadian Journal of Research* **27** (6): 253-265
55. Pranoto Y, Salokhe V M & Rakshit S K (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International* **38** (3): 267-272

56. Rakotonirainy A, Wang Q & Padua G (2001). Evaluation of zein films as modified atmosphere packaging for fresh broccoli. *Journal of Food Science* **66** (8): 1108-1111
57. Rhim J-W (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food Science and Technology* **37** (3): 323-330
58. Rhim J-W, Gennadios A, Weller C L, Cezeirat C & Hanna M A (1998). Soy protein isolate–dialdehyde starch films. *Industrial Crops and Products* **8** (3): 195-203
59. Rojas-Graü M, Tapia M, Rodríguez F, Carmona A & Martin-Belloso O (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids* **21** (1): 118-127
60. Saldamlı İ (1985). Gıda katkı maddeleri ve ingrediyenler. Hacettepe Üniversitesi, Ankara
61. Sanderson G (1981). Polysaccharides in foods. *Food Technology* **35** (7): 50
62. Sarıkuş G (2006). Farklı antimikrobiyal maddeler içeren yenilebilir film üretimi ve kaşar peynirinin muhafazasında mikrobiyal inaktivasyona etkisi. Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi
63. Sathivel S (2005). Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Science* **70** (8)
64. Shellhammer T & Krochta J (1997). Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science* **62** (2): 390-394
65. Shi K, Yu H, Lakshmana Rao S & Lee T-C (2012). Improved mechanical property and water resistance of zein films by plasticization with tributyl citrate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60** (23): 5988-5993
66. Siragusa G R & Dickson J S (1992). Inhibition of *Listeria monocytogenes* on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium alginate gel. *Journal of Food Science* **57** (2): 293-296
67. Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F & Aguilera J (2010). Food hydrocolloid edible films and coatings. In *Food hydrocolloids: Characteristics, properties and structures*, Nova Science Publishers, Inc.
68. Temiz H & Yeşilsu A F (2006). Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojisi Dergisi* **2**: 41-50
69. Tsai G J, Su W H, Chen H C & Pan C L (2002). Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation. *Fisheries Science* **68** (1): 170-177
70. Turbak A F (1972) Edible vegetable protein casing, Google Patents
71. Ünalın İ U, Arcan İ, Korel F & 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 & Emerging Technologies* **20**: 208-214

72. Wang L Z, Liu L, Holmes J, Kerry J F & Kerry J P (2007). Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. *International Journal of Food Science & Technology* **42** (9): 1128-1138
73. Wong Y, Herald T & Hachmeister K (1996). Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Science* **75** (3): 417-422
74. Yeşiltaş M (2012). Dumanlanmış balığın kalitesinde aljinat kaplama etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
75. Yıldırım E & Barutçu-Mazı I (2017). Effect of zein coating enriched by addition of functional constituents on the lipid oxidation of roasted hazelnuts. *Journal of Food Process Engineering* **40** (4)
76. Yılmaz L, Bayezit A A & Yılsay T Ö (2007). Süt proteinlerinin yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* **1**: 59-64
77. Zapata P J, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S, Valero D & Serrano M (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88** (7): 1287-1293
78. Zhang D & Quantick P C (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **73** (6): 763-767

1 **Çizelge 1.** Zein ve aljinat filmlerin mekanik özellikleri
 2 *Table 1. Mechanical properties of zein and alginate films*

Film çeşidi	Gerilme direnci (MPa)	Kopma anında uzama yüzdesi (%)	Elastik modülü (MPa)	Kaynaklar
zein+ gliserol (0.3 g/g zein)	7.25±2.0	4±1	3.81±0.61	Alkan et al (2011)
zein+gliserol (0.3 g/g zein)+gallikasit (168 mg/g film solüsyonu)	0.06±0.01	13±3	0.04±0.0	Alkan et al (2011)
zein+ gliserol (0.3 g/g zein)	10.19±0.83	3.34±0.66	5.28±0.39	Arcan & Yemenicioğlu (2011)
zein	6.81±1.89	3.18±0.86	317.12±23.2	Lai & Padua (1997)
zein	33±1	2.23±0.04	1710±30	Kim et al (2004)
zein	6.70±0.37	1.96±0.18	409.86±7.62	Shi et al (2012)
zein+%10 tributilsitrat (a/a)	17.80±4.26	4.53±0.54	556.29±29.4	Shi et al (2012)
zein+oleikasit (0.5 g/g zein)	8.7±1.0	11.9±3.1	267.2±46.4	Lai & Padua (1998)
sodium aljinat film+gliserin (0.5 g/g aljinat)	33.6±3.1	14.0±2.9	-	Rhim (2004)
sodium aljinat film+gliserin (0.5 g/g aljinat)+ CaCl ₂ (0.08 g)	43.5±4.5	9.1±1.3	-	Rhim (2004)
sodium aljinat film+sorbitol (0.4 g/g aljinat)	65.9	2.5	-	Olivas & Barbosa-Cánovas (2008)
sodium aljinat film+gliserol (0.4 g/g aljinat)	66.12	4.05	-	Pranoto et al (2005)
sodium aljinat film+gliserol (0.4 g/g aljinat)+garlik oil (0.4 h/h)	38.67	2.73	-	Pranoto et al (2005)
sodium aljinat+gliserol (0.243 g/g aljinat)	39.7±5.3	4.4±0.5	-	Benavides et al (2012)
Sodium aljinat+gliserol (0.243 g/g aljinat)+ CaCO ₃ (0.03 g/g aljinat)	52.9±5.5	2.3±0.9	-	Benavides et al (2012)
kalsiyum aljinat	2.73	5.8	-	Koushki et al (2015)

3