

Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Gıda Ambalajlamada Film Ve Kaplama Materyali Olarak Kullanımı

Nergiz YÜKSEL^{1*}, Merve MUTİ İSTEK¹, Selda BULCA¹

ÖZET: Peyniraltı suyu (PAS), süt endüstrisinin en önemli yan ürünlerinden biridir. Değerlendirilmeden ve herhangi bir işlem görmeden çevreye atılan PAS, çevre kirliliğine yol açmakla birlikte aynı zamanda doğaya verilmesiyle bileşimindeki değerli organik bileşikler de kayba uğramaktadır. Günümüzde PAS, çeşitli amaçlara yönelik kullanılmaktadır. Son zamanlarda, PAS'ın özellikle gıdalar üzerinde yenilebilir film ve kaplamalarda kullanımı konusunda yapılan araştırmalar yoğunlaşmıştır. Gıdalarda kullanılan plastik ambalajlar yerine PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların kullanılması ile plastik ambalaj ve değerlendirilmeden atılan PAS'tan dolayı oluşan çevredeki atık miktarı azaltılabilmektedir. Gıda ambalajlamada PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların kullanılmasının diğer bir avantajı da, kullanılan gıdanın fonksiyonel özelliklerinin geliştirmesidir. Bu filmler, lipid oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonları yavaşlatırlar ve antimikrobiyal ajanın taşıyıcısı olarak kullanıldıklarında gıdaların kalitelerini artırmak için uygun bir araç olarak görülmektedirler. Ayrıca gıdalarda nem ve gaz transferi için seçici bariyer olarak hareket eden bu filmler, gıdaların raf ömrünü arttırmada koruyucu olarak kullanılmaktadırlar. Çalışmamızda, PAS'ın bileşimi, PAS proteinlerinden elde edilen filmlerin formülasyonu ve özellikleri, gıda ambalajlama uygulamalarında yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Peyniraltı suyu, protein, yenilebilir film, kaplama

Use of Whey Proteins as Films and Coating Materials in Food Packaging

ABSTRACT: Whey (PAS) is one of the most important by-products of the dairy industry. PAS, which is discharged to the environment without being evaluated and treated without causing any environmental pollution, also causes loss of valuable organic compounds in its composition by being released to nature. Today, PAS is used for various purposes. Recently, research on the use of PAS in edible films and coatings, especially on foods, has been intensified. Another advantage of using films and coatings from PAS proteins in food packaging is the improvement of the functional properties of the food used. These films slow down chemical reactions such as lipid oxidation and are viewed as a convenient means of improving food quality when used as a carrier of the antimicrobial agent. In addition, these films, which act as selective barriers for moisture and gas transfer in foods, are used as preservatives to increase the shelf life of foods. In our study, the composition of PAS, the formulation and properties of the films obtained from PAS proteins, and studies in food packaging applications were compiled.

Keywords: Whey, protein, edible film, coating

¹ Nergiz YÜKSEL (Orcid ID: 0000-0002-1334-051X), Merve MUTİ İSTEK (Orcid ID: 0000-0003-4296-7343), Selda BULCA (Orcid ID: 0000-0001-7405-2872), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Selda BULCA, e-mail: sbulca@adu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 29-11-2019
Kabul tarihi / Accepted: 14-03-2020

GİRİŞ

Kompozisyonu üretilen peynir çeşidine veya kullanılan kazein üretim yöntemine bağlı olarak değişen peyniraltı suyu (PAS); sütün asit veya proteolitik enzimler tarafından pıhtılaşmasından sonra pıhtıdan ayrılması ile geride kalan serum veya sulu kısım olarak adlandırılabilir (Zadow, 1994). Peynir üretiminde ortaya çıkan PAS, sütün yaklaşık %85'ini oluşturur (Mete, 2012). PAS'ın rengi, üretimde kullanılan sütün rengine bağlı olarak sarımsı-yeşil bir renge veya bazen mavimsi bir renk tonuna da sahiptir (Smithers, 2008). PAS bileşiminde, çeşitli biyoaktif minör proteinler, mineral maddeler, bazı vitaminler ve laktoz bulunur (Smithers, 2008; Renner, 1992). Bu nedenle beslenmede ayrı bir önem taşır.

Yıllık toplam süt üretimi dikkate alındığında; dünyada çevreye atılan PAS'taki proteinlerin, yaklaşık 1 milyon kişinin protein ihtiyacını karşılayabilecek miktarda olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Gürsel, 2015). PAS' da bulunan proteinlerin, insan sağlığına yönelik olumlu etkileri ile ilgili sağlık alanında birçok çalışma yapılmıştır (Yerlikaya ve ark., 2010; Rezende ve ark., 2014, Bilal ve Altınar, 2017). Aynı zamanda PAS proteinlerinin, ilaç endüstrisinde ve terapötik amaçla çeşitli uygulamalarda kullanılabilmesi belirtilmiştir (Korhonen, 2009; Modler, 2009). Ayrıca, PAS proteinleri biyoteknolojik alanda da probiyotik ve biyo koruyucu olarak kullanılabilir (Panesar ve ark., 2013).

PAS, içerdiği proteinlerden ve bileşiminde yer alan diğer besin maddelerinden dolayı çevreye atıldığı takdirde çevreye zararlı bir ürün haline gelebilir (Carvalho ve ark., 2013). Çevreye atılan PAS içerdiği organik maddelerin fermentasyon sonucu oluşturduğu kimyasallar, çevre kirliliğine yol açmakta ve canlılar için bir tehdit unsuru olmaktadır (Kurt, 1990). Su içerisinde canlıların yaşamı için çözünür oksijen miktarı çok önemlidir. Bu yüzden sudaki kirlilik oranının tespitinde ölçü olarak, kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyacı kullanılmaktadır (Ergüllü, 1977). Suda yaşam olabilmesi için en az 5 mg L⁻¹ çözünür oksijen olmalıdır. Biyolojik oksijen ihtiyacı değeri, sulardaki organik maddeleri parçalamak için mikroorganizmaların kullandığı oksijen miktarını göstermektedir. Bu değer PAS için 40 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir (Metin, 1983). Dünya genelinde PAS'ın yıllık üretim miktarının yaklaşık 180 milyon ton olduğu düşünülmektedir. Bu miktarın yaklaşık %70'ini A.B.D. oluşturmaktadır (Mollea ve ark., 2013; Yadav ve ark., 2015). Bu nedenlerden dolayı, birçok gelişmiş ülkede PAS'ın hiçbir işleme tabi tutulmadan çevreye salınımı yasaklanmıştır (Gürsel, 2015). PAS bertaraf edilmeden önce çevreye zarar vermeyecek şekilde içerisindeki bileşenlerin geri dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu amaçla ileri teknolojiler kullanılmakta olup büyük miktarda PAS, değerli ürünler haline getirilmektedir (Di Pierro ve ark., 2017). PAS'ın farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Örneğin, hayvan yemi üretiminde PAS, genellikle tahıllarla ve kepekle karıştırılarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Avustralya'daki 1.65 milyon ton PAS'ın %28'inin domuz yemlerinin hazırlanmasında kullanıldığı belirtilmiştir (Zadow, 1992). Ayrıca yapılan çalışmalarda, besi hayvanlarında kullanılan kuru yemin PAS ile yumuşatılması sonucunda hayvanlar tarafından sindirilebilirliğinin arttığı tespit edilmiştir (Sousa ve ark., 2012). Çeşitli tarım uygulamalarında da PAS'ın antimikrobiyal, antiviral ve antioksidan özelliklerinden yararlanmak üzere insektisit olarak kullanımına yönelik çalışmalar da mevcuttur (Macwan ve ark., 2016).

Gıda sanayinde ise, şekerlemeler, unlu mamuller, et ürünleri, çorbalar, soslar, patates cipsleri, çerezler ve çeşitli içecekler gibi birçok ürün içeriğine ilave edilebilmektedirler (Küçüköner, 2011). Bazı süt ve süt ürünlerine PAS katılarak, lezzet özelliklerinin ve serum ayrılma özelliğinin araştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. PAS katkılı sütlerden elde edilen kefirlerin, daha lezzetli olduğu ve serum ayrılması yönünden daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir (Akal ve ark., 2016). PAS'ın çeşitli fırın ürünlerinde, ayrıca et ve et ürünlerinde kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. PAS kullanımının ekmeğin besin değerini arttırdığı, et ve et ürünleri üretiminde et proteinlerinin yerine

kullanılabileceği, diğer bağlayıcı maddeler ve liflere ikame olabileceği belirtilmiştir (Mete, 2012; Youssef ve Barbut, 2011).

PAS' ın kullanım alanları ve yapılan çalışmalar incelendiğinde, direkt kullanım alanları olduğu gibi, konsantre edilmesi, fermente edilmesi ve daha ileri teknolojiler kullanılarak yan ürünler elde edilmesiyle değerlendirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

PAS' ın en önemli yan ürünlerinden biri de PAS proteinleridir. PAS proteinlerinin, peyniraltı suyundan ayrıştırılmalarında en çok kullanılan yöntemler, membran seperasyon tekniklerinden ultrafiltrasyon veya nanofiltrasyon uygulamalarıdır. Bu teknolojik uygulamalar, protein özellikleri bakımından yüksek kaliteli ürünler elde edilmesini sağlarlar (Limsawat ve Pruksasri, 2010).

PAS' ın geri dönüşümünün sağlanmasında, içerdiği yüksek protein oranından yararlanılarak, gıdalarla yenilebilir kaplamaların üretilmesi de ayrı bir uygulamadır (Di Pierro ve ark., 2017). PAS proteini birçok çalışmada film ve kaplamaların oluşumunda başarıyla kullanılmıştır (Cinelli ve ark., 2014). Ayrıca, protein filmlerin ve kaplamaların üretiminde birçok protein kaynağı kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Soya, fasulye, mısır ve yumurta bunlardan bazılarıdır (Mariniello ve ark., 2003; Giosafatto ve ark., 2014; Giménez ve ark., 2012). Fakat bu uygulamalar arasında, çapraz bağlı protein filmlerinin daha kararlı ve dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Barone ve Schmid, 2006). Gıdalarda kullanılan geri dönüştürülemez plastik ambalajlar düşünüldüğünde, PAS'tan ayrıştırılan proteinlerin; gıda ambalajlamada film ve kaplama olarak kullanılmasının çok iyi bir alternatif olabileceği söylenebilir. Günümüzde, bu tür protein film ve kaplamaların özellikleri ve gıda teknolojisinde kullanımları için birçok araştırma yapılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada PAS' ın bileşimi, PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların formasyonu, özellikleri ve gıda uygulama alanları üzerinde durulmuştur.

Peyniraltı Suyunun Bileşimi

PAS' ın bileşimi esas olarak peynir üretiminde kullanılan sütün bileşimine, pıhtılaşmanın ne şekilde yapıldığına, pıhtılaşma sıcaklığına ve süresine, pıhtı kesim büyüklüğüne, pıhtının preslenme süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Carvalho ve ark., 2013). Sütün pıhtılaştırılmasında kullanılan yöntemlere göre iki tip PAS bulunmaktadır. Maya veya tatlı PAS (min. pH 6.3) ve asit PAS (pH 4.6) (Westergaard, 2004). İki tip PAS arasında bileşenlerin oranında bazı farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Peyniraltı Suyu Bileşimi (Gürsel, 2015)

Bileşen %	Maya Peyniraltı Suyu (Emmental)	Asit Peyniraltı Suyu
Su	92.06	94.00-95.00
Toplam Kuru Madde	7.96	5.40-6.00
Yağ	0.95	-
Protein	0.89	0.9
Laktoz	5.45	3.80-4.20
Kül	0.54	0.70-0.80
Kalsiyum	-	0.10-0.13
pH	-	4.5-4.70

PAS proteinleri, PAS içerisinde bulunan en önemli bileşendir (Perez ve Calvo 1995). PAS' da bulunan serum proteinleri, süt proteinlerinin %20' sini oluşturur. Serum proteinlerinden, β -laktoglobulin, α -laktalbumin, serum albumini ve immunoglobulinler en değerli olanlarıdır. Serum proteinleri asit ile çökmeler ve kimozen enzimine karşı direnç gösterirler. Dolayısıyla bu proteinler asit ve enzim ile muamele edilen süttten elde edilen serumda çözünür halde bulunmaktadır (De Wit, 1998).

PAS' taki oranı en fazla olan protein (%58) β -laktoglobulindir (β -Lg), ve sırasıyla α -laktalbumin (α -La) (%20), immunoglobulinler (Ig) (%10), sığır serum albumini (BSA) (%10), laktoferrin (LF) (%3) ve laktoperoksidaz (LP) (%0.3) olarak sıralanabilir. (Farrell ve ark., 1987). Ayrıca, PAS formları içerdikleri protein miktarları bakımından farklılık göstermektedir. En yaygın olarak kullanılan peynir altı suyu formları peynir altı suyu tozu, peynir altı konsantratu, peynir altı suyu izolatıdır (Davis ve Foegeding., 2007). Peyniraltı suyu tozu, peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilir ve protein oranı %11-13 arasındadır. Peyniraltı suyu protein konsantratu (WPC); peynir altı suyundan minerallerin ve laktozun farklı membran ve laktoz kristalizasyonu gibi yöntemlerle uzaklaştırılması veya konsantre edilmesiyle elde edilmektedir. Protein oranı ise %34-98 civarındadır (Akpınar -Bayizit ve ark., 2009; El-Salam, ve ark., 2009). Peynir altı suyu protein izolatu (WPI) ise, iyon değiştirici kromatografisi ve mikrofiltrasyon yöntemleri gibi daha ileri teknolojik yöntemler ile üretilen ve %90-98 oranında protein içeren üründür (Foegeding, ve ark., 2003).

Peyniraltı Suyu Proteinleri Film Formasyonu

Proteinler, farklı amino asit sekanslarını gösteren ve peptid bağları ile bağlanmış makromoleküllerdir. Oluşturulacak olan protein filmi bu zincir dizilimi ve yapısına, mevcut amino asitlerin düzenlenmesine bağlıdır (Schmid ve Muller, 2019). Protein bazlı filmler için diğer önemli belirleyici faktörler ise, ilk amino asit dizisi, protein zincirlerinin kendileri ile diğer film bileşenleri arasındaki etkileşimlerdir (Belitz ve ark., 2008). PAS' ta bulunan, β -laktoglobulin (β -Lg), α -laktalbumin (α -La), sığır serum albumini, çeşitli immunoglobulinler ve polipeptitler proteoz-pepton küresel proteinlerdir. PAS proteini içerikli film ve kaplamalar için bu farklı küresel proteinlerin; zincir konformasyonlarını değiştirme ve değiştirilmiş üç boyutlu ağlar oluşturmak için birbirleriyle etkileşime girme yetenekleri mükemmel özelliklerdir. Fakat PAS proteinleri küresel proteinler olduklarından, ilk önce proteinin doğal halini ortaya çıkarmak gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için, sıcaklık ve pH değişiminden, organik çözücü ve tuzların ilavesinden veya kayma kuvvetlerinden yararlanılabilir. (Lent ve ark., 1998; Schmid ve Muller, 2019).

Film oluşturmak için PAS proteinlerine genellikle teknik olarak termal denatürasyon işlemi uygulanır. Aslında ısıtma ile iç tiyol ve hidrofobik grupları ortaya çıkararak proteinin 3 boyutlu yapısı değiştirilir (Shimada, 1989). Denatürasyon sıcaklığı filmin formülasyon bileşimine bağlı olarak değişse de genellikle 78°C uygulanır (Plackett, 2011). Bu sıcaklık β -Lg için seçilmiştir. Çünkü PAS proteinlerinde denatürasyonun sıcaklık derecesi β -Lg ile belirlenir, aynı zamanda agregasyon oranı sadece β -Lg' de meydana gelen serbest sülfidril gruplarının konsantrasyonuna da bağlıdır (Calvo ve ark., 1993). Film oluşumu için, protein denatürasyonunun ardından moleküller arası etkileşimler meydana gelir. Globüler proteinlerin denatürasyonunda, molekülün açılması ile disülfid köprüleri veya van der Waals etkileşimleri, hidrojen bağı, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimleri içeren fiziksel bağlantılar gibi yeni kimyasal bağlar oluşturabilen reaktif fonksiyonel gruplar ortaya çıkar (Onwulata, 2008). PAS proteinleri şeffaf, esnek, suda çözünmeyen filmler oluşturabilir ve bu şekilde birbirine bağlı bir yapıya sahip sulu çözeltilerden kaplamalar yapılabilir. Film yapımı için peynir altı suyu proteini izolatu, peynir altı suyu proteini konsantratu veya gliserol gibi farklı plastikleştiriciler ile sulu çözelti içinde çözüldürülmüş β -laktoglobulin kullanılabilir (Coltelli, 2016).

PAS protein bazlı filmlerin doğal olarak zayıf su buharı bariyerini arttırmak için bir başka alternatif, lipitler ve balmumları gibi hidrofobik maddelerin eklenmesidir (Janjarasskul ve ark., 2014). Liaotrakoon ve Raviyan (2018) çalışmalarında, WPI solüsyonuna hurma yağı (ağırlıkça %6, %7 ve %8) ve gliserol (ağırlıkça %40, %50 ve %60) ilave ederek yenilebilir film geliştirmişlerdir. Tüm formüller arasında, %8 hurma yağı ve %40 gliserol ile hazırlanan WPI film uygulamaları için en iyi sonuçları

göstermiştir. Galus ve Kadzinka (2016) ise yaklaşık %90 protein içeren WPI'dan elde edilen filmlerinin işlevsel özelliklerini değiştirmek için düşük konsantrasyonlarda (%0.5 ve %1.0) badem veya ceviz yağı içeren filmler hazırlamışlar ve düşük konsantrasyonlarda kullanılan badem ve ceviz yağlarının, peynir altı suyu protein filmlerinin hidrofobik karakterini arttırdığını saptamışlardır.

Ayrıca bazı gıda uygulamaları için yenilebilir filmler veya kaplamalar üretmek amacıyla peynir altı suyu protein izolatu ilavesinin iyi bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Baharat tozlarının peynir altı suyu protein izolatu (WPI) bazlı filmlerin fiziksel, mekanik, termal ve bariyer özellikleri ve depolama kararlılığı üzerindeki etkisinin belirlendiği bir çalışmada, %10 WPI, (ağırlık ağırlık⁻¹) çözeltisi ısı ile işlemle denatüre edilerek gliserol (WPI: 3: 2 ağırlık ağırlık⁻¹ ile gliserol), sodyum klorür (0.4 g 100 g⁻¹ çözelti), sarımsak ve karabiber (her biri 3 g 100 g⁻¹ çözelti) içeren film formülasyonu hazırlanmıştır (Ket-on ve ark., 2016). Dolayısıyla, formülasyonların oluşturduğu film ve kaplamaların özelliklerinin, farklı lipid, tuz veya plastikleştiricilerin eklenmesiyle değişebileceği sonucuna varılmaktadır.

Peyniraltı Suyu Protein Film ve Kaplamaların Özellikleri

Genel olarak, ambalaj film ve kaplama ürünleri, gıdayı çevresel etmenlerden koruyan bariyer özelliklerine sahip materyaller olarak tanımlanabilir. Ambalaj malzemelerinin bariyer performansı geçirgenlik ölçümleriyle belirlenebilir. Ürüne özgü, yüksek veya düşük bariyer özellikleri gerekebilir. Genel olarak protein bazlı yenilebilir filmler, hidrofilik yapıda olduğu için, yenilebilir film teknolojisinde tek başlarına kullanılmaları ürünlerin stabilite ve duyu özelliklerinde sorunlar oluşturabilmektedir (Küçüköner ve ark., 2003). Bu nedenle bazı kaplamalar, lipitler ve karbonhidratlarla beraber kullanılırlar (Çelikel, 2017)

Peynir altı suyu protein filmlerinin ve kaplamalarının bariyer özellikleri esas olarak kaplama bileşimine, kalınlığına ve substrat olarak kullanılan farklı tabakalara bağlı olarak değişebilir (Schmid ve Muller, 2019). Schmid ve ark., (2012)' nin çalışmasında, PAS protein içerikli filmlerin nispeten düşük oksijen geçirgenliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, film özelliklerini iyileştirmeye çalışmak için PAS proteini çapraz bağlama yöntemi kullanılan çalışmalarda, ısıyla dengelenmiş PAS protein filmlerinin daha yüksek mekanik dirence sahip olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, denatüre PAS proteininden üretilen yenilebilir filmler, doğal proteinden yapılanlara göre daha güçlü ve daha yapışkandır (Pérez-Gago ve ark., 1999). Ek olarak, formaldehitin bir çapraz bağlama maddesi olarak dahil edilmesi durumunda, film çözünmezliğini, mekanik özelliklerini ve camsı geçiş sıcaklığını arttırdığı gösterilmiştir (Galiotta ve ark., 1998). PAS protein filmleri plastikleştirici ilave edilmeden üretilirlerse çok kırılabilir olacakları, yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Plastikleştirici ilavesi, filmlere esneklik sağladığı gibi aynı zamanda su buharı geçirgenliğini de artırır (Shaw ve ark., 2002). PAS proteini içeren yenilebilir filmler kovalent disülfid bağları içermezler, dolayısıyla suda çözünmezler (Küçüköner ve ark., 2003). Plastikleştirici olarak gliserol kullanılması durumunda, PAS protein filmlerinin suda çözünürlüğünün arttığı da yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Galiotta ve ark., 1998). Ayrıca, PAS protein konsantratu yaklaşık %6 oranında yağ içerdiğinden, su buharı geçirgenliği PAS protein izolatından daha düşüktür (Sarıoğlu, 2005). Diğer bir çalışmada ise, lipitlerin PAS protein filmlerinin içeriğine katılmasının, bazı durumlarda filmlerin duyu özelliklerini olumsuz yönde etkilediği de belirtilmiştir (Osés ve ark., 2009).

Peyniraltı Suyu Proteinleri Film ve Kaplamalarının Gıda Endüstrisinde Uygulanması

Yaklaşık 20 yıldır PAS proteinlerinden üretilen yenilebilir kaplamaların çeşitli gıdalarda kullanıldığı bilinmektedir. Bu şekilde üretilen film ve kaplamaların, çeşitli gıdalarda aroma, nem ve oksijen bariyeri sağladığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Örneğin; taze veya dondurulmuş etlerin depolanması sırasında nem kaybının azaltılması, paketlenmiş taze et ve kümes hayvanlarından patojen

mikroorganizmaların azaltılması ve bunların sınırlandırılması çalışmalarında olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Gennadios ve ark., 1997). Peyniraltı suyu proteinleri film ve kaplamalarının gıda endüstrisinde kullanımına yönelik yapılan çalışmalar Çizelge 2. de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Peyniraltı suyu proteinleri film ve kaplamalarının gıda endüstrisinde kullanımı

Formülasyon	Gıda ürünü	Önemli fonksiyonlar	Kaynak
PAS proteinleri, gliserol, NaOH	Atlantik somonu	Atlantik somonunun genel kalitesi geliştirilmiştir.	Rodriguez-Turienzo ve ark., 2012.
Kekik, karanfil esansiyel yağları, gliserol ile PAS proteinleri.	Tavuk göğsü filetolari	Tavuk göğsünün kalitesi ve raf ömrü uzatılmış, antimikrobiyal etki sağlanmıştır	Fernández-Pan ve ark., 2014.
PAS proteinleri	Kapalı Kilka örnekleri	<i>Coliform, Escherichia coli ve Pseudomonas</i> bakteri kontaminasyonu 6 ay boyunca -18 C'de engellenmiştir.	Motalebi ve Seyfzadeh, 2012
PAS proteinleri ve lizozim	Somon dilimi	<i>Listeria innocuo'</i> ya karşı inhibe edici etki gösterilmiştir.	Boyacı ve ark., 2016
PAS proteinleri, kekik yağı ve sorbitol	Sığır eti	Ürünlerde raf ömrü uzatıcı etkiler gözlenmiştir.	Zinoviadou ve ark., 2009
PAS proteinleri ve UV ışınımı	Peynir	Ticari peynir kaplamalara alternatif olabileceği belirtilmiştir.	Henriques ve ark., 2013
PAS proteinleri, gliserol ve ticari sıvı duman	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	Renk parametrelerinde değişiklik gözlenmiş fakat zararlı bulunmamıştır. <i>Listeria monocytogenes'</i> e karşı inhibe edici etkisi gözlenmiştir.	Soazo ve ark., 2016
PAS proteinleri, gliserol ve ince tabaka hidrokolloidler	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> suşuna karşı inhibe edici etki gözlenmiştir.	Soukoulis ve ark., 2017
PAS protein izolatu, gliserol ve probiyotik bakteri izolatları	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	Probiyotik mikroorganizmaların stabilizasyonunun sağladığı ve bu filmlerin gıdalar ile birlikte tüketilmesinin iyi olabileceği belirtilmiştir.	Pereira ve ark., 2016
PAS proteinlerive gliserol	Yer fıstığı	Lipit oksidasyonunda gecikme ve raf ömrü uzatıcı etki gözlenmiştir.	Khwaldiave ark., 2004
PAS proteinleri, biberiye otu	Salam	Lipit oksidasyonunda gecikme gözlenmiştir.	Andrede ve ark., 2019
PAS proteinleri ve gliserol	Yumurta	Yumurtaların raf ömrünün bir hafta uzadığı gözlenmiştir.	Caner, 2005
PAS proteinleri ve kitosan	Cheddar peyniri	Mikrobiyal bozulmada azalma ve raf ömründe uzama gözlenmiştir.	Di Pierro ve ark., 2011
PAS proteinleri	Kilka balığı	Ürünlerde su ve oksijen bariyer özellikleri gelişmiştir fakat antimikrobiyal etki gözlenmemiştir.	Motalebi ve ark., 2010
PAS proteinleri ve esmerleşmeyi önleyici ajanlar	Elma ve patates örnekleri	Örneklerde esmerleşme önlenmiş ve raf ömrü uzatıcı etki gözlenmiştir.	Olivas ve Barbosa-Canovas, 2005

Birçok gıda ürünüde bozulmanın ana nedenlerinden biri yüzeyde mikrobiyal çoğalmadır. Yiyecek depolama ve dağıtım sırasında maya, küf ve bakteri üremesi ürün kalitesini ve güvenliğini büyük ölçüde azaltabilir. Bu nedenle, gıdaların neme karşı korunması etkili bir yoldur. Ayrıca, yenilebilir kaplamalar, gıda yüzeylerindeki katkı maddelerinin tutulmasındaki etkinliklerinden dolayı birçok çalışmada antimikrobiyal taşıyıcılar olarak incelenmişlerdir (Di Pierro ve ark., 2017). Boyacı ve ark. (2016), antimikrobiyal bir ürün olan lizozimi, peyniraltı suyu proteinine dayanan aktif tip ve yenilebilir filmlerin formülasyonunda kullanmışlardır, bu filmlerin, *Listeria innocua'nın* somon dilimleri üzerindeki büyümesine karşı inhibe edici etkisinin olduğu belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada, PAS protein içerikli yenilebilir filmlere eklenen kekik veya sarımsak esansiyel yağının, *Staphylococcus aureus*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes*, *E. coli O157: H7* patojenlerine karşı inhibe edici etkiler gösterdiği gözlenmiştir (Seydim ve Sarikus, 2006). Kekik yağı ilave edilerek hazırlanan, içerisinde

plastikleştirici olarak sorbitol kullanılan PAS protein filmlerinin, sığır etinde raf ömrü uzattığı tespit edilmiştir (Zinoviadou ve ark., 2009). Olgunlaştırılmış peynirlerde kullanılan ısı denatürasyon ve UV ışınımı ile üretilen antimikrobiyal özelliklere sahip yenilebilir PAS protein kaplamalarının, ticari peynir kaplamalarına alternatif olabileceği bildirmiştir (Henriques ve ark., 2013). Ticari sıvı dumanın yenilebilir filmlere dahil edilmesinin ilk kez araştırıldığı bir çalışmada, sıvı duman ile birleştirilmiş peynir altı suyu protein konsantresi bazlı yenilebilir filmler oluşturulmuştur. Sıvı duman içeren filmlerin, agar difüzyon testinde *L. monocytogenes* bakterilerinin gelişmesini inhibe edici olduğu belirlenmiştir. Bazı duyusal renk parametrelerinde değişiklikler gözlenmiş, fakat gıdaların potansiyel kullanımları için zararlı bulunmamıştır. Fark edilir bir şekilde, film formülasyonuna sıvı duman ilave edildiğinde gerilme mukavemetinin ve uzamasının artma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Soazo ve ark., 2016).

Son zamanlarda, probiyotiklerin ve biyoaktif bileşiklerin, plastikleştirilmiş ince tabakalı hidrokolloidler yoluyla gıda ürünleri içine dahil edilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Soukoulis ve ark. (2017) çalışmalarında, yenilebilir filmlere çeşitli polimerler ve peynir altı suyu protein izolatu dahil edilmesi ile bu filmlerin canlı probiyotik organizmaları stabilize etme yetenekleri açısından değerlendirmişlerdir. Kurutma işlemi boyunca *L. rhamnosus GG'nin* kayıplarının, WPC varlığında önemli ölçüde düşürüldüğü belirtilmiştir. Film oluşturucu maddelerin PAS protein tozu ile takviye edilmesi, ürünlerin raf ömründe 4 °C'de 1.8 ila 6.5 kat artışa imkan sağlamıştır. Ayrıca yüksek viskoziteli sodyum aljinat ile PAS protein bazlı probiyotik filmler ve keçiyoynuzu zamkı ile ve PAS protein karışımlarının hem kabul edilebilir mekanik hem de bariyer özellikleri olduğu belirtilmiştir. Bu filmlerin gıda ürünlerinin işlevselliğini geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak için kullanılması, fonksiyonel laktik asit bakterileri için de bir taşıyıcı olarak yeni olasılıklar ortaya çıkarmıştır. Peynir altı suyu protein izolatu bazlı yenilebilir film formülasyonlarında probiyotik mikroorganizmaların stabilitesinin incelendiği bir çalışmada, PAS protein izolatları ile hazırlanan filmler sayesinde; *Bifidobacterium animalis Bb-12* ve *Lactobacillus casei-01* suşlarının daha uzun bir süre ve hücre sayısında daha az azalma ile yaşayabildiği belirtilmiştir (Pereira ve ark., 2016).

Ayrıca PAS protein kaplamalarının lipid oksidasyonunu geciktirmesi özelliği ile yerfıstığının bozulmasının önlenmesine de yardımcı olmuştur. PAS protein filmlerle kaplanan yerfıstıklarının raf ömrünün 136 günden 273 güne uzadığı da belirtilmiştir (Khwaldia ve ark., 2004). Biberiye özütü ile birleştirilmiş aktif bir peynir altı suyu protein filminin salam dilimlerinin lipid oksidasyonunu geciktirme üzerindeki etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada hazırlanan filmin, salamlarda lipid oksidasyonunu en az 30 gün geciktirdiği belirtilmiştir (Andrede ve ark., 2019). Caner (2005) tarafından yapılan çalışmada ise, PAS proteinleri ile kaplanmış A sınıfı yumurtaların raf ömrünün bir hafta daha uzadığı saptanmıştır. Cheddar peynirinin kaplanmasında PAS proteinlerinin kullanıldığı bir çalışmada, mikrobiyal bozulmada yavaşlatıcı bir etkisi olduğu ve depolama süresince raf ömrünün uzadığı belirtilmiştir (Wagh ve ark., 2014). Cheddar peynirinde yapılan diğer bir çalışmada, kitosan ilave edilmiş PAS protein film ile modifiye atmosfer koşullarında paketlenen peynirlerin pH'ında 30 günlük depolama süresince herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Di Pierro ve ark., 2011). Balıklarda PAS proteini bazlı yenilebilir film uygulaması çalışmasında ise, su ve oksijen bariyeri özelliklerini olumlu etkilediği fakat mikrobiyal gelişimi engellemediği saptanmıştır (Motalebi ve ark., 2010). Bazı benzer çalışmalarda ise su ürünlerinde, bu filmlerin antimikrobiyal etki gösterdiği belirtilmiştir (Motalebi ve Seyfzadeh, 2012; Rodriguez-Turienzo ve ark., 2012).

Taze meyve ve sebzelerde ise enzimatik esmerleşmeyi önlemek amacıyla uygulanan farklı esmerleşme önleyici ajanları da içeren PAS protein film kaplamalarının, kesilmiş elma ve patateslerin esmerleşmelerini önlediği ve raf ömürlerini uzattığı belirtilmiştir (Olivas ve Barbosa-Canovas, 2005; Lee ve ark., 2003). Ayrıca PAS protein filmleri son zamanlarda, sosis karışımlarını içeren yumuşak

silindirik kaplar için önerilmiş fakat bu proteinlerin etkili kılıflar hazırlamak için uygun olmasına rağmen, üretimin sentetik kılıflarınki kadar ekonomik olmadığı tespit edilmiştir (Mubururu ve ark., 2014).

SONUÇ

PAS proteini içerikli yenilebilir film kaplamalar gıdalarda nem ve gaz transferini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, gıdaların raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilir. Gıdalarda, ürüne özgü tat, yapı ve aromayı bozmamaları da diğer avantajlarıdır. Hatta bazı gıda ürünlerinde karma uygulamalar ile aroma kazandırdığına yönelik çalışmalar da mevcuttur. Diğer önemli bir konu ise günümüzde; atık yönetimi kapsamında birçok çevre koruma ajansı, plastik ambalaj kullanımının azaltılması yönünde insanları teşvik etmişler ve çevre koruma amacıyla toksik maddeler içermeyen paketleme sistemlerinin geliştirilmesini önermişlerdir.

Yapılan birçok çalışma referans alındığında, kullanılan yenilebilir filmlerde olduğu gibi PAS proteinlerinden elde edilen film kaplamalarının da gıdaların bazı fiziksel özelliklerini koruyucu özellik taşıdığı söylenebilir. Aynı zamanda depolanma süresi boyunca gıdaları kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalardan korurlar. Tüm bunlar ele alındığında gıda sektöründe, PAS protein içerikli yenilebilir film kaplamaların yenilikçi uygulamalar kullanılarak üretilmesi konusu cezbedici bir hal almıştır. Aynı zamanda, PAS protein içerikli film kaplamalar, modifiye atmosfer altında paketleme ile kombine edilerek uygulandığında gıda ambalajlamada uygulanan ısıl işlemler kısıtlanabilir, bu şekilde üretim aşamasında enerji kullanımında da tasarruf sağlanmış olur. Bu nedenle, günümüzde oluşturulan filmlerin ekonomik olması hedef olacak şekilde farklı biyolojik veya biyoteknolojik uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akal C, Türkmen N, Koçak C, 2016. Kefir Üretiminde Peyniraltı Suyu Kullanımı. *Gıda*, 41(5): 351-358.
- Akpınar-Bayizit A, Özcan T, Yılmaz-Ersan L, 2009. Membrane Processes İn Whey Production. *Mljekarstvo*, 59 (4): 282-288.
- Andrade MA, Ribeiro-Santos R, Guerra M, Sanches-Silva A, 2019. Evaluation of the Oxidative Status of Salami Packaged with an Active Whey Protein Film. *Foods*, 8(387): 1-15.
- Barone JR, Schmidt WF, 2006. Nonfood Applications Of Proteinaceous Renewable Materials. *Journal of Chemical Education*, 83 (7): 1003-1009.
- Belitz HD, Grosch W, and Schieberle P, 2008. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Berlin: Springer, s. 895. Germany.
- Bilal T, Altın A, 2017. Peynir Altı Suyunun İnsan ve Hayvanlarda Metabolizma Üzerindeki Etkileri. *Journal of Bahri Dagdas Animal Research*, 6 (1): 29-42.
- Boyacı D, Korel F, Yemencioğlu A, 2016. Development of Activate-at-Home-Type Edible Antimicrobial Films: an Example Ph-Triggering Mechanism Formed for Smoked Salmon Slices Using Lysozyme in Whey Protein Films. *Food Hydrocoll*, 60, 170-178.
- Caner C, 2005. Whey Protein Isolate Coating and Concentration Effects on Egg Shelf Life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2143-2148.
- Carvalho F, Prazeres AR, Rivas J, 2013. Cheese Whey Wastewater: Characterization And Treatment. *Science of the Total Environment*, 445: 385-396.
- Cinelli P, Schmid M, Bugnicourt E, Wildner J, Bazzichi A, Anguillesi I, and Lazzeri A, 2014. Whey Protein Layer Applied on Biodegradable Packaging Film to Improve Barrier Properties While Maintaining Biodegradability. *Polymer Degradation and Stability*, 108: 151-157.
- Coltelli MB, Wild F, Bugnicourt E, Cinelli P, Lindner M, Schmid M, Lazzeri A, 2016. State Of The Art İn The Development And Properties Of Protein-Based Films And Coatings And Their Applicability To Cellulose Based Products: An extensive review. *Coatings*, 6 (1): 1-59.
- Çelikel A, 2017. Yenilebilir Film Ve Çeşitli Baharat Karışımlarının Optimizasyonu Ve Eritme Peynirlerinin Kaplamasında Kullanım Olanakları. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (Basılmış)*.

- Davis JP, Foegeding EA, 2007. Comparisons Of The Foaming And Interfacial Properties Of Whey Protein Isolate And Egg White Proteins. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 54(2): 200-210.
- De Wit JN, 1998. Nutritional And Functional Characteristics of Whey Proteins In Food Products. *Journal of Dairy Science*, 81: 59-608.
- Di Pierro P, Sorrentino A, Mariniello L, Giosafatto CVL, Porta R, 2011. Chitosan/Whey Protein Film As Active Coating to Extend Ricotta Cheese Shelf-Life. *Journal of Food Science and Technology*, 44: 2324–2327.
- Di Pierro P, Mariniello L, Concetta VL and Esposito M, 2017. Dairy Whey Protein-Based Edible Films And Coatings For Food Preservation. *Food Packaging and Preservation*, 9: 439-456.
- El-Salam MH, El-Shibiny S, Salem A, 2009. Factors Affecting The Functional Properties Of Whey Protein Product. *Food Reviews International*, 25 (3): 251-270.
- Ergüllü E, 1977. Çevre Kirlenmesi Bakımından Süt İşletmelerinde Alınması Gereken Tedbirler. *Gıda Dergisi*, 6: 203-215.
- Farrell HM Jr, Behe MJ ve Enyeart JA, 1987. Binding of p-Nitrophenyl Phosphate and Other Aromatic Compounds by Beta-Lactoglobulin. *Journal of Dairy Science*, 70 (2): 252-258.
- Fernández-Pan I, Carrión-Granda X, Maté JI. 2014. Antimicrobial Efficiency Of Edible Coatings On The Preservation Of Chicken Breast Fillets. *Food Control*, 36: 69-75.
- Foegeding EA, Luck PJ, Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, 2003, Whey Protein Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 3: 1957-1960.
- Galus S, Kadzińska J, 2016. Whey Protein Edible Films Modified With Almond And Walnut Oils. *Food Hydrocolloids*, 52: 78–86.
- Galietta G, Di Gioia L, Guilbert S, Cuq B, 1998. Mechanical and Thermomechanical Properties of Films Based on Whey Proteins as Affected by Plasticizer and Crosslinking Agents. *Journal of Dairy Science*, 81: 3123–3130.
- Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB, 1997. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 30: 337–350.
- Giménez B, Gómez-Guillén MC, López-Caballero ME, Gómez-Estaca J, Montero P, 2012. Role Of Sepiolite In The Release Of Active Compounds From Gelatin-Egg White Films. *Food Hydrocoll*, 27: 475–486.
- Giosafatto CVL, Di Pierro P, Gunning P, Mackie A, Porta R, Mariniello L, 2014. Characterization of Citrus Pectin Edible Films Containing Transglutaminase-Modified Phaseolin. *Carbohydrate Polymers*, 106: 200–208.
- Gürsel A, 2015. Peyniraltı Suyu Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Yayınları, No: 451, Ankara.
- Henriques HMF, Gomes DMGS, Pereira, CJD, Gil MHM, 2013. Effects of Liquid Whey Protein Concentrate on Functional and Sensorial Properties of Set Yogurts and Fresh Cheese. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 952-963.
- Janjarasskul T, Rauch DJ, McCarthy KL and Krochta JM, 2014. Barrier And Tensile Properties Of Whey Protein Candelilla Wax Film/Sheet. *Food Science and Technology*, 56: 377-382.
- Korhonen H, 2009. Milk-derived Bioactive Peptides: From Science to Applications, *Journal of Functional Foods*, 1 (2): 177-187.
- Ket-On A, Pongmongkol N, Somwangthanoj A, Janjarasskul T, Tananuwong K, 2016. Properties And Storage Stability Of Whey Protein Edible Film With Spice Powders. *Journal of Food Science Technology*, 53: 2933–2942.
- Khwaldia K, Ferez C, Banon S, Desobry S, Hardy J, 2004. Milk Proteins for Edible Films and Coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 239–251.
- Kurt A, 1990. Süt Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 573, 398 sayfa. Erzurum.
- Küçüköner E, 2011. Peynir Tozu ve Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi. 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara.
- Küçüköner E, Kılınççeker O, Doğan DS, 2003. Gıdalara Yenilebilir Kaplama Uygulamalarında Süt Ürünlerinin Kullanım Olanakları. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, İzmir.
- Lee JY, Park HJ, Lee CY, Choi WY, 2003. Extending Shelf-Life of Minimally Processed Apples with Edible Coatings and Antibrowning Agents. *Journal of Science and Technology*, 36: 323–329.
- Lent L, E Vanasupa, LS and Tong PS, 1998. Whey Protein Edible Film Structures Determined By Atomic Force Microscope. *Journal of Food Science*, 63: 824-827.

- Liaotrakoon V, Raviyan P, 2018. Modifying The Properties Of Whey Protein Isolate Edible Film By Incorporating Palm Oil And Glycerol. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40 (1): 243–249.
- Limsawat P, Pruksasri S, 2010. Separation Of Lactose From Milk By Ultrafiltration. *Asian Journal of Food Agro Industry*, 3: 236–243.
- Macwan SR, Dabhi BK, Parmar SC and Aparnathi KD, 2016. Whey and Its Utilization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5 (8): 134-155.
- Mariniello L, Di Pierro P, Esposito C, Sorrentino A, Masi P, Porta R, 2003. Preparation And Mechanical Properties Of Edible Pectin-Soy Flour Films Obtained In The Absence Or Presence Of Transglutaminase. *Journal of Biotechnology*, 102: 191–198.
- Mete H, 2012. Peyniraltı Suyunun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi Ve Ekonomik Önemi. *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1: 1-10.
- Metin M, 1983. Süt Sanayiinde Peynir Suyunun Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Dergisi*, 1 (1): 151-169.
- Modler W, 2009. Pioneer Paper: Value-Added Components Derived From Whey. American Dairy Science Association, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1–33.
- Mollea C, Marmo L, Bosco F, 2013. Valorisation Of Cheese Whey, A By-Product From The Dairy Industry, Food Industry. In *Tech. 10.5772/53159*. <http://www.intechopen.com/books/food-industry/valorisation-of-cheese-whey-a-by-product-from-the-dairy-industry>, ISBN: 978-953-51-0911-2549-748.
- Motalebi AA, Hasanzati Rostami A, Khanipour AA and Soltani M, 2010. Impacts Of Whey Protein Edible Coating On Chemical And Microbial Factors On Guttled Kilka During Frozen Storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9 (2): 255-264.
- Motalebi AA, Seyfzadeh M, 2012. Effects Of Whey Protein Edible Coating On Bacterial, Chemical And Sensory Characteristics Of Frozen Common Kilka. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11: 132-144.
- Mubururu B, Moyo DN, Muredzi P, 2014. Production Of Artificial Sausage Casings From Whey Proteins. *International Journal of Nutrition Sciences*, 3: 30–38.
- Olivas GI, Barbosa-Canovas GV, 2005. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 657–667.
- Onwulata C, Huth P, 2008. *Whey Processing, Functionality and Health Benefits*; Wiley-Blackwell: Ames, IA, USA, pp. 133-169.
- Osés J, Fabregat-Vázquez M, Pedroza-Islas R, Tomás SA, Cruz-Orea A and Matè JI, 2009. Development and Characterization of Composite Edible Films Based on Whey Protein Isolate and Mesquite Gum. *Journal of Food Engineering*, 92: 56–62.
- Panesar PS, Kumari S, Panesar R, 2013. Biotechnological Approaches For The Production Of Prebiotics And Their Potential Applications. *Critical Reviews of Biotechnology*, 33: 345–364.
- Pereira OJ, Soares J, Sousa , Madureira AR, Gomes A, Pintado M, 2016. Edible films as carrier for lactic acid bacteria. *LWT- Food Science and Technology*, 73: 543–550.
- Perez MD, Calvo M, 1995. Interaction Of Beta- Lactoglobulin With Retinol And Fatty Acids And Its Role As A Possible Biological Function For This Protein: A Review, *Journal of Dairy Science*, 78: 978-988.
- Pérez-Gago MB, Krochta JM, 1999. Water Vapor Permeability Of Whey Protein Emulsion Films As Affected By pH. *Journal of Food Science*, 64: 695–698.
- Plackett D, 2011. *Biopolymers: New Materials For Sustainable Films And Coatings*. Chichester: John Wiley and Sons, s. 48-50.
- Renner E, 1992. Nutritional aspects. In: Zadow, J.G. (ed.). *Whey and lactose processing*. Elsevier Applied Science, pp. 449-471.
- Rezende AV, Rabelo CH, Veiga RM, Andrade LP, Härter, CJ, Rabelo FH and Reis RA, 2014. Rehydration of Corn Grain With Acid Whey Improves The Silage Quality. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 213-221.
- 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.
- Sarıoğlu T, 2005. Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanması Kullanılma Olanaklar ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Schmid M and Müller K, 2019. Whey Protein-Based Packagingfilms and Coatings. In H.C. Deeth, and N. Bansal (Eds.).Whey Proteins—From Milk To Medicine, s. 407–437.
- Schmid M, Dallmann K, Bugnicourt E, Cordoni D, Wild F, Lazzeri A and Noller K, 2012. Properties Of Whey Protein Coated Films And Laminates As Novel Recyclable Food Packaging Materials With Excellent Barrier Properties. International Journal of Polymer Science, Article ID 562381, s.7.
- Seydim AC, Sarikus G, 2006. Antimicrobial Activity of Whey Protein Based Edible Films Incorporated with Oregano, Rosemary and Garlic Essential Oils. Food Research International, 39(5): 639–644.
- Shaw NB, Monahan FJ, O’Riordan ED, O’Sullivan M, 2002. Physical Properties of WPI Films Plasticized with Glycerol, Xylitol, or Sorbitol. Journal of Food Science. 67: 164–167.
- Shimada K, Cheftel JC, 1989. Sulphydryl Group/Disulfide Bond İnterchange Reactions During Heat-İnduced Gelation Of Whey Protein İsolate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37: 161–168.
- Soazo M, Pérez LM, Piccirilli GN, Delorenzi NJ, Verdini RA, 2016. Antimicrobial and Physicochemical Characterization of Whey Protein Concentrate Edible Films Incorporated with Liquid Smoke. LWT: Food Science Technology, 72: 285–291.
- Soukoulis C, Behboudi-Jobbehdar S, Macnaughtan W, Parmenter C, Fisk ID, 2017. Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG Incorporated in Edible Films: Impact of Anionic Biopolymers and Whey Protein Concentrate. Food Hydrocoll, 70: 345–355.
- Sousa GT, Lira FS, Rosa JC, de Oliveira EP, Oyama LM, Santos RV ve Pimentel GD, 2012. Dietary Whey Protein Lessens Several Risk Factors for Metabolic Diseases: A Review. Lipids in Health and Disease, 11 (67): 1-9.
- Smithers GW, 2008. Whey and whey proteins – from “gutter-to-gold” International Dairy Journal, 18: 695-704
- Wagh YR, Pushpadass HA, Emerald FM, Nath BS, 2014. Preparation and Characterization of Milk Protein Films and Their Application for Packaging of Cheddar Cheese. Journal Food Science Technology, 51 (12): 3767–3775.
- Westergaard V, 2004. Milk Powder Technology Evaporation and Spray Drying, Niro A/S, 5th Edit, Copenagen, Denmark.
- Yadav JS, Yan S, Pilli S, Kumar L, Tyagi RD, Surampalli RY, 2015. Cheese Whey: A Potential Resource to Transform into Bioprotein, Functional/Nutritional Proteins and Bioactive Peptides. Biotechnology Advances, 33 (1): 756–774.
- Yerlikaya O, Kınık Ö ve Akbulut N, 2010. Peyniraltı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri. Gıda, 35 (4): 289-296.
- Youssef MK ve Barbut S, 2011. Effects Of Two Types Of Soy Protein İsolates, Native And Preheated Whey Protein İsolates On Emulsified Meat Batters Prepared At Different Protein Levels. Meat Science, 87 (1): 54-60.
- Zadow JG, 1992. Review And Report On Whey Utilisation. A Report For The Dairy Research And Development Corporation. Melbourne.
- Zadow JG, 1994. Utilization of milk components: Whey. In R. K. Robinson (Ed.), Modern dairy technology, advances in milk processing, 1: 313–373.
- Zinoviadou KG, Koutsoumanis KP, Biliaderis CG, 2009. Physico-Chemical Properties of Whey Protein Isolate Films Containing Oregano Oil and Their Antimicrobial Action Against Spoilage Flora of Fresh Beef. Meat Science, 82: 338–345.