



Gıdaların Raf Ömürleri İçin Yeni Bir Yaklaşım: Arı Ürünleri İle Yenilebilir Kaplamalar

Esra MESÇİ^{1*}, Nevzat ESİM²

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arı ve Arı Ürünleri Ana Bilim Dalı, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye

Esra MESÇİ ORCID No: 0000-0003-2020-9891

Nevzat ESİM ORCID No: 0000-0001-5121-092X

*Sorumlu yazar: nesim@bingol.edu.tr

(Alınış: 13.10.2020, Kabul: 18.12.2020, Online Yayınlanma: 30.12.2020)

Anahtar Kelimeler

Arı ürünleri,
Raf ömrü,
Gıda,
Yenilebilir kaplama,
Propolis

Öz: Arıcılık faaliyetleri sonucu üretilen ürünler hem insan beslenmesi için hem de ekonomik olarak büyük önem taşır. Bu ürünler gıda, kimya, sağlık, kozmetik alanlarında geniş kullanıma sahiptir. Arıcılıkta üretimi en çok bilinen ve yapılan ürünler bal ve bal mumudur ancak polen, propolis, arı sütü, arı zehri ve arı ekmeği (perga) ticari değeri olan diğer önemli arı ürünlerdir. Yenilebilir ambalajlar; gıdaların raf ömürlerinin uzatılması özelliklerine sahip olan ve kapladıkları gıdalarla tüketilebilir olan ambalajlardır. Bunlar; film, kaplama, tabaka ya da torba olarak üretilebilir. Yenilebilir kaplamada polisakkaritler, lipidler, proteinler, organik çözücüler, plastikleştiriciler, antioksidan ajanlar, antimikrobiyal ajanlar ve yüzey aktif maddeleri kullanılmaktadır. Yenilebilir kaplamalar, işlenmiş gıdalarda duyuşal özellikleri iyileştirilmek için renk ve aroma bileşiklerinin taşıyıcısı olarak da kullanılabilir. Son yıllarda yenilebilir kaplamalarda etkili ve güvenilir kaplamalar yapmak için arı ürünleri de kullanılmaktadır. Mevcut kaplama materyalleri arı ürünleriyle birleştirilerek kaplamanın işlevsel özellikleri geliştirilebilir. Arı ürünleri içeriğindeki biyoaktif bileşenler kaplama materyalleri ile etkileşime girerek mevcut kaplamanın bariyer özelliklerini, esnekliğini, yapısal özelliklerini arttırmaktadır. Arı ürünleri; antibakteriyel, antioksidan, antitümoral ve antiviral özellikteki aktif ajanlar içerir. Aktif ajanlar için taşıyıcı sistemler olarak kullanılan yenilebilir film ve kaplamaların etkinliği kullanılacak arı ürünlerinden dolayı daha da artabilir. Bu nedenle, bu makalede arı ürünlerinden hazırlanan yenilebilir kaplama materyalleri üzerine yapılan literatür çalışmalarının gözden geçirilmesi amaçlanmıştır.

A New Approach to Shelf Life Of Food: Edible Coatings With Bee Products

Keywords

Bee products,
Shelf life,
Food,
Edible coating,
Propolis

Abstract: Products produced as a result of beekeeping activities are great importance both human nutrition and economically. These products are widely used in food, chemistry, health and cosmetics. The most known and produced products in beekeeping are honey and wax, but pollen, propolis, royal jelly, bee venom and bee bread (perga) are important bee products with commercial value. Edible packaging are packages that extending the shelf life of foods and can be consumed with the food they cover. These can be produced as a film, coating, layer or bag. Polysaccharides, lipids, proteins, organic solvents, plasticizers, antioxidant agents, antimicrobial agents and surfactants are used in edible coating. Edible coatings can also be used as carriers of color and flavor compounds to improve sensory properties in processed foods. In recent years, bee products have also been used to form effective and reliable coatings for edible coatings. The functional properties of the coating can be enhanced by combining existing coating materials with bee products. Bioactive components in bee products interact with coating materials and increase the barrier properties, flexibility and structural properties of the existing coating. Bee products contain active agents with antibacterial, antioxidant, antitumoral and antiviral properties. The efficiency of edible films and coatings used as carrier systems for active agents can further increase due to the bee products to be used. Therefore, it is aimed to review the literature on edible coating materials prepared from bee products in this article.

1. GİRİŞ

1.1. Arıcılık

Arıcılık, toprağa doğrudan gereksinim duymayan bir tarımsal iş kolu olup arının genelde bitkisel kaynakları kullanılarak bal, balmumu, polen, propolis, arı sütü, arı ekmeği, arı zehri, gibi ürünler üretme faaliyetidir. Canlılığın gelişim süreçleri incelendiğinde 100 milyon yıldan beri bal arıları bal yaptıkları tahmin edilmektedir. İspanya'nın Valencia bölgesinde elde edilen ilk kayıtlara göre, arıcılık ile ilgili bilgiler MÖ 7.000'li yıllarına kadar gidilmektedir. Gezgin arıcılık ile ilgili kayıtlar Mısır'da Nil Nehri civarında yapıldığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Ayrıca yapılan incelemelerde firavun mezarında 3200 yıllık kurumuş bal tespit edilmiştir. Kayıtlara göre Anadolu'da 3000 yıl önce Sümerler ilaç olarak balı kullandıkları tespit edilmiştir. Günümüzde bile kullanılan 'Bal gibi adam' deyiminin Sümerlerden kalan tabletlerde geçtiği tespit edilmiştir. Bal arıları Kuzey Amerika'ya 1638, Avustralya'ya 1822 ve Yeni Zelanda'ya 1842 yıllarında özellikle Avrupa'dan göç eden insanlar tarafından götürülmüştür [64]. Tüm bu veriler arıcılığın insanlık tarihinin en eski mesleklerinde biri olduğunu göstermektedir.

Arıcılık az sermaye ve işgücüne ihtiyaç duyulan tarımsal ekonomik faaliyettir. Verimli ve sulanabilen toprağa doğrudan gereksinim duyulmadığından tarımsal amaçlı kullanılmayan ve işlenmeyen alanların değerlendirilmesine olanak sağlar. Arıcılık diğer üretim alanlarıyla kıyaslandığında kolayca pazarlanabilir ve oldukça kısa sürede gelir getiren bir meslektir. Arıcılık faaliyetleri sonucu üretilen ürünler hem insan beslenmesi hem de ekonomik olarak büyük önem taşır. Bu ürünler gıda, kimya, sağlık, kozmetik alanlarında geniş kullanıma sahiptir. Bal arıları polinasyona katkısı ile bitkisel verimliliğe doğrudan katkı sağlar. Gerek doğal gerekse tarımı yapılan bitkilerde arıların sağladığı tozlaşma hizmetleri tarımsal ürünlerin kalite ve verimini artırır. Bal ve diğer arı ürünleri, canlı materyaller, arıcılık ekipmanları sanayi iş kolları ve istihdam oluşumuna yol açarak ülkelerin ekonomilerine büyük katkı sağlar.

Dünya genelinde dünya gıda örgütünün verilerine 2018 yılı verilerine göre dünya genelinde toplam 92 milyon koloni ile kovan başına ortalama 20 kg bal üretilmektedir. Toplam üretilen bal miktarının 1 milyon 850 bin ton olduğu belirtilmiştir. Dünyada koloni sayısı bakımından 13 milyon koloni ile Hindistan en fazla koloninin olduğu ülke konumundadır. Üretilen bal miktarı bakımından ise yaklaşık 450 bin ton ile Çin birinci sıradadır. Türkiye sahip olduğu 8 milyon koloni ile dünyada üçüncü sıradayken yaklaşık 115 bin ton bal üretimi ile dünyada Çin'den sonra ikinci sıradadır.

Türkiye'nin sahip olduğu zengin bitki örtüsü, doğa koşulları, iklimsel özellikleri nedeniyle arıcılık önemli faaliyetlerden biri olup gezgin ve sabit arıcılığa uygundur. Türkiye konumu itibarıyla üç farklı fitocoğrafik bölgenin kesişiminde bulunduğu florası oldukça zengindir. Bal arıları için nektar ve polen

kaynağı olabilen çok sayıda bitki bulunmakta ve bunlar içinde çok sayıda endemik tür de vardır. Arıcılık faaliyetlerinde bu zengin floral kaynak Türkiye arıcılığına çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Dünyada bilinen bal arısı ırklarının yaklaşık %20'sinin anavatanı Anadolu'dur. Türkiye dünyada iyi bilinen *Apis mellifera anatolica*'nın gen merkezi konumundadır. Türkiye de arıcılık faaliyetlerinde Kafkas, Karniol, Anadolu, İtalyan ve Hibrit Belfast başta olmak üzere farklı arı ırkları kullanılmaktadır. Ayrıca son zamanlarda Muğla arısı olarak tescillenen ve çam balı üretiminde kullanılan yeni bir arı ırkı da kullanılmaktadır.

1.2. Arı ürünleri

Bal arıları çevre dengesi ve besin sağlayan pek çok bitkinin polinasyonunu yanı sıra ürettiği bal ve diğer arı ürünleri ile insanlara pek çok yarar sağlar. Arıcılıkta üretimi en çok bilinen ürünler bal ve bal mumudur ancak polen, propolis, arı sütü, arı zehri ve arı ekmeği (perga) ticari değeri olan önemli arı ürünlerdir.

1.2.1. Bal

Arılarının genel olarak bitkilerin generatif organları olan çiçeklerin nektarlarını ve bitkilerin veya üzerlerinde yaşayan bazı canlıların salgılarını toplayıp bir seri işlemden geçirdikten sonra petek gözelerinde depoladığı maddeye bal denir [1]. Bal, başta karbohidrat ve su olmak üzere mineraller, proteinler, aminoasitler (prolin, alanin, lizin), serbest yağ asitleri, enzimler (invertaz, diastaz, glukoz oksidaz), vitaminler (B1, B2, B3, C) organik asitler (glukonik, formik, asetik asit), fenolik bileşikler (flavonoidler, fenolik asitler) içerir [2]. İçeriğinde bulunan aktif bileşenlerle bal antibakteriyel, antifungal, antioksidan, antiviral, yara iyileşme, sindirim sistemi üzerine, kalp ve damar hastalıklarına karşı olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir [3].

1.2.2. Polen

İşçi arıların topladıkları bitki polenleri ile oral salgıların birleştirilmesiyle oluşturdukları polen topağını kovana getirmesi sonucu arı poleni oluşmaktadır. Arı poleni işçi arılar tarafından kovan girişinde toplanır. Arı kolonileri protein kaynağı olarak arı poleni kullanırlar [4]. Polen kompleks bir yapı olup içerisinde 250'den fazla madde bulunmuştur [5]. Su, protein, aminoasit (prolin, hidroksiprolin), karbohidrat, lipitler, mineraller, flavonoidler, polifenoller, vitaminler ve karotenoidler arı poleninde bulunan bileşenlerdir [6]. Polenin antibakteriyel, antifungal, antioksidan, antiinflamatuvar, antitümoral, hücre duvar koruyucu gibi pek çok özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalar sonucu bulunmuştur [7,8].

1.2.3. Propolis

Propolis, arıların bitki tomurcukları ve diğer bitki dokularından reçine toplayarak, balmumu, polen ve arı tükürüğündeki bazı enzimlerle karıştırıp değişikliğe uğrattığı bir maddedir [9]. Propolis içeriğinde pek çok biyo-aktif madde bulunmuştur. İçeriği yüksek miktarda reçine ve balsamdan oluşur. Bu reçinemsiz kısımda

fenolik bileşikler, esterler, alkoller, aldehitler, aminoasitler, çeşitli mineral, vitaminler, aminoasitler, yağ asitleri ve bazı enzimler bulunur [10]. İçeriğinde bulunan bileşikler ve miktarlarına bağlı olarak propolis; antikanser, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antiviral, antifungal, anestetik, sitostatik ve antioksidan etkiler gösterir [11].

1.2.4. Arı sütü

Arı sütü (royal jelly), genç işçi arıların hipofarengial ve mandibular salgı bezlerinden salgılanan ve larvaları beslemek için kullanılan bir salgıdır. Kraliçe arı ömrü boyunca arı sütü ile beslenirken, bakıcı arılar sadece 3 gün arı sütü ile beslenirler. Arı sütü beyazımsı sarı renktedir. Kokusu keskin olup tadı ekşidir [12]. Arı sütü kuru maddesinin büyük kısmını karbohidrat ve proteinler oluşturur. İnsanlar için gerekli tüm esansiyel aminoasitleri içerir. Lipitler, yağ asitleri, mineraller, organik asitler, polifenolik bileşenler, eser elementler ve vitaminler de bulunur [13]. Arı sütünün içeriğindeki bileşenler antibakteriyel, antiviral, fungusidal, sinir sistemi düzenleyici, antidiyabetik, antitümör, antioksidan, bağışıklık sistemini düzenleyici gibi pek çok etkilere sahiptir [14].

1.2.5. Arı zehri (venom)

Arı zehri (apitoksin), arıların karın boşluğunda yer alan zehir bezlerinde üretilen kompleks bir kimyasaldır. İçeriğinde önemli biyo-aktif bileşenler bulunur. Arı zehri, %88 su ve sadece 0.1 µg zehirden oluşur. Ayrıca peptitler (mellitin, apamin vb.), enzimler (fosfolipaz A2, hiyaluronidaz vb.) ve aktif aminler, aminoasitler, glukoz, fruktoz, uçucu bileşenler arı zehrinde bulunur [15]. Arı zehri, içeriğinde bulunan bu bileşenler sayesinde antimikrobiyal, sinir sistemini düzenleyici ve radyasyondan koruyucu etki gösterir. Dahası, başta multiple skleroz (MS) ve romatoid artrit olmak üzere, ortopedik hastalıkların tedavisinde, deri kanseri, egzama, radyasyondan kaynaklanan hasarı azaltmada, epilepsi, damar tıkanıklığı, migren ve sinüzit tedavisinde de kullanılmaktadır [16,17].

1.2.6. Arı ekmeği (perga)

Arı ekmeği (perga), arılar tarafından toplanan ve çeşitli salgılarıyla karıştırılarak kovana taşınan polenin, bal ve balmumu ile korunmasıyla yapılır. Bu karışımın, çeşitli enzimler, mikroorganizmalar, nem ve sıcaklığın etkisi ile fermantasyonu gerçekleşir ve oluşan ürüne arı ekmeği adı verilir [18]. Arı ekmeğinin içeriği biyokimyasal olarak üretildiği polene benzemektedir. Su, protein, esansiyel aminoasitler, lipit, karbohidrat, mineraller, vitaminler, laktik asit, karotenoidler, antosiyanin, flavonoid gibi polifenoller, doymamış alifatik asitler, alkoller, aldehitler ve ketonlar perga içeriğinde bulunur [19]. Antimikrobiyal, antioksidan, hepatoprotektif, immünmodülatör, adaptojenik ve radyasyon önleyici özelliklere sahiptir. İnsan vücudundaki koruyucu mekanizmaları uyarır, metabolizmayı normalleştirir, karaciğer, sinir ve endokrin sistem fonksiyonları üzerinde pozitif etkiye sahiptir [20].

Ticari değeri olan arı ürünlerini insanlar genel olarak gıda, kozmetik, sağlık vb. alanlarda kullanmaktadırlar. Arı ürünlerinin sahip olduğu antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden dolayı son zamanlarda diğer gıda maddelerinin raf ömrünü uzatmak için kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada arı ürünlerinin diğer gıda maddelerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması için kullanılma potansiyelleri daha önce yapılan çalışmalar incelenerek genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. YENİLEBİLİR KAPLAMA/FİLM

Gıdaların ambalajlanmasında kullanılan malzemelerin gıdalarla tüketilmesi ve kaplandıkları gıdaların raf ömürlerini uzatması özelliklerine sahip olan ambalajlara yenilebilir ambalajlar denilir. Bunlar; film, kaplama, tabaka ya da torba olarak üretilebilir. Yenilebilir filmler, önce ince katı tabaka oluşturulur daha sonra gıda ürününe bir sargı olarak uygulanır. Yenilebilir kaplamalar, gıdanın kaplama çözeltisi içine daldırılmasıyla veya püskürtülmesiyle uygulanır. Gaz, nem ve çözünenlerin hareketine karşı bir bariyer sağlayan ve yenebilen doğal koruyucu mumsu kaplamalara veya gıdalara uygulanan yenilebilir malzemeden oluşan ince bir tabakadır [21]. Yenilebilir kaplama, gıda ile çevre arasında tüm ürünün bir parçası olarak yenebilecek bir bariyer oluşturur. İdeal bir yenilebilir kaplama gıda yüzeyinden nem kaybını azaltmak, gıda çevresindeki atmosferi gaz değişimine karşı bariyer oluşturmak ve su hareketine kısmi bir bariyer sağlayabilme özelliklerini taşır. Gıda yüzeyindeki mikrobiyal gelişimin yavaşlatılması, özelde meyve dışının iyileştirilmesi ve ayrıca solunumun yavaşlatılmasına da katkı sağlar [22].

2.1. Yenilebilir kaplamada kullanılan materyaller

Özellikle hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinler, polisakkaritler ve lipitler ayrı ayrı veya belirli oranlarda karışım halinde kullanılarak yenilebilir kaplamalar oluşturulur. Bunların dışında çözücü, plastikleştirici, emülsifiyer, antimikrobiyal, antioksidan ajanlardan faydalanılır [23]. Yenilebilir kaplamada polisakkaritler, lipitler, proteinler, organik çözücüler, plastikleştiriciler, antioksidan ajanlar, antimikrobiyal ajanlar ve yüzey aktif maddeler kullanılmaktadır.

2.1.1. Polisakkaritler

Polisakkaritler, yapı taşı monosakkaritler olan büyük yapıli karbohidratlardır. Yenilebilir kaplamalarda polisakkaritler; düşük maliyetleri, kolay elde edilebilmeleri ve iyi film oluşturma özellikleri nedeniyle kullanıma potansiyelleri yüksektir [56, 57]. Polisakkarit temelli yenilebilir kaplamalar yapısal olarak dayanıklı olup yüksek oksijen bariyer özelliğine sahiptir. bu özelliklerinden dolayı gaz bariyeri olarak değerlendirilmektedir. Oksijen geçişine karşı olduğu gibi su geçişine karşıda dayanıklıdırlar [56, 57]. Bu özelliği de gıdaların depolanması sürecinde meydana gelen ağırlık kayıplarını engellemektedir. Nişasta, selüloz ve bunların türevleri, aljinat, gam, pektin ve kitosan gibi

polisakkaritler yenilebilir film ve kaplama üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır [56-58].

2.1.2. Proteinler

Hem bitkisel kaynaklı (zein, gluten, soya vb.) hem de hayvansal kaynaklı (kollajen, keratin, jelatin, propolis vb.) proteinler kullanılabilir. Meydana getirilen filmin özellikleri, proteinin içsel özellikleri ve dış işleme faktörlerinden etkilenir. Proteinin içsel özellikleri aminoasit bileşimi, kristallik (protein, plastikleştirici), hidrofobik/hidrofiliklik, yüzey yükü, molekül boyutu ve üç boyutlu yapısıdır [56,58,59]. Yenilebilir film ve kaplama yapımında kullanılan proteinin aminoasit bileşimi filmlere çeşitli özellik kazandırır. Kaplama yapımındaki dışsal faktörler işleme sıcaklığı, kurutma koşulları, pH, iyonik güç, işleme ve depolama sırasındaki bağıl nemdir. Protein bazlı kaplamalar çok iyi gaz ve lipid bariyeri özelliği gösterebilir [56]. Ayrıca güçlü bağlayıcı özellikleri nedeniyle çatlamaya yatkın olabilir ve yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptir. Bu özellikler protein kompozisyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir [24].

2.1.3. Lipitler

Lipitler hidrofobik olup iyi nem bariyerleri olarak işlev görür. Bununla birlikte, mekanik özellikleri protein ve polisakkarit bazlı filmlerden daha düşüktür [57]. Depolama sırasında su, ışık, oksijen ve diğer dış faktörlerin gıda kalitesi üzerine etkilerini azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca meyve ve sebzelerde yüzey parlaklığını sağlamak için kullanılır. Doğal ve sentetik mumlar, gliseritler, yağ asitleri gibi lipid bileşenleri kaplama materyali olarak kullanılır [58, 59].

2.1.4. Çözücüler

En yaygın olarak kullanılan çözücüler su ve etanoldür. Bitkisel kaynaklı proteinden üretilen kaplamalarda diğer organik çözücüler de kullanılabilir. Çözücü olarak etanol kullanılarak elde edilen kaplamalar, aseton kullanılarak hazırlananlara göre daha iyi gerilme kuvveti gösterir. Ayrıca etanol kullanılarak hazırlanan film veya kaplamalar nemli ortamlarda daha iyi davranış gösterir [58, 60].

2.1.5. Plastikleştiriciler

Film ve kaplamalara mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla katılan düşük molekül ağırlıklı bileşiklere plastikleştirici denir. Gliserol, sorbitol, asetilenmiş monogliserit, polietilen glikol, sükröz ve lipid türevleri plastikleştirici ajanlar olarak kullanılır. Plastikleştiricinin etkinliği boyut, şekil ve film matrisi ile uyumluluğuna bağlıdır. Plastikleştiricinin normal depolama koşullarındaki durumu geçirgenlik ve esnekliği etkileyebilir. Polisakkarit bazlı filmlerin parlaklığını sağlamak için gereklidir. Protein bazlı filmlerde ise kırılma yapının sağlamaştırılmasında kullanılır [58, 60].

2.1.6. Antimikrobiyal ajanlar

Birçok gıda ürünü için bozulmanın temel nedeni yüzeydeki mikrobiyal büyümedir. Ürün depolama ve dağıtım sırasında maya, küf ve bakterilerin büyümesi gıda kalitesini ve gıda güvenliğini olumsuz etkiler. Bu durumun önüne geçmek için gıda yüzeyinde su aktivitesinin azaltılması, neme dayanıklı ambalajla koruma ve çeşitli antimikrobiyaller (benzoik asit, sorbik asit, propinoik asit gibi) uygulanabilir [25,26]. Yenilebilir kaplamalar, katkı maddelerini gıda yüzeyinde tutmadaki etkinlikleri nedeniyle antimikrobiyal taşıyıcılar olarak kullanım potansiyeline sahiptir. Yapılan çalışmalarda antimikrobiyal ajanlarla birleştirilmiş kitosan filmlerin çilekte, hamurda ve somondaki patojenik *Listeria monocytogenes*, *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*' e karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bulunmuştur [27,28].

2.1.7. Antioksidanlar

Antioksidanlar, gıda bileşenlerinin, özellikle lipitlerin stabilitesini artırır ve oksidatif ekşimeyi, bozulmayı ve renk bozulmasını önleyerek besin değerini ve rengini korur. Yenilebilir kaplamalara fenolik bileşikler, sitrik asit, askorbik asit, tokoferoller gibi antioksidan maddeler dahil edilebilir [29].

2.1.8. Yüzey aktif maddeleri

Emülgatörler ya da sürfaktanlar olarak da adlandırılır. Matris bileşenleri suda çözünür olan film ve kaplamalar genellikle iyi su bariyer özelliklerine sahip değildir. Bu nedenle kompozit kaplamalar geliştirilmiştir [61]. Kompozit kaplamalar, bir hidrofobik matriks içindeki hidrofobik parçacıkların heterojen dağıldığı filmlerdir. Bu durumda, yüzey aktif maddeler, filmi kurutmadan veya gıda yüzeyine uygulanmadan önce polimerik bir çözelti içinde dağılmış fazı stabilize etmek için kullanılır. Çok katmanlı film ve kaplamalarda, lipitlerin iyi su bariyer özellikleri ve hidrofobik polisakkarit veya proteinlerin iyi kohezyon ve gaz geçirgenlik özellikleri, gelişmiş özelliklere sahip malzemeler oluşturmak için ayrı katmanlar olarak birleştirilebilir. Emülgatörler, gıda ve kaplama arasındaki ara yüzde veya çok katmanlı bir filmde farklı polaritedeki iki film tabakası arasındaki yapıştırmayı geliştirmek için kullanılabilir [60,61].

2.2. Yenilebilir kaplamalara gıda katkı maddelerinin eklenmesi

2.2.1. Mikrokapsüller

Mikrokapsülleme, partiküllerin, damlacıkların veya gazların gıdalara uygulanan polimerik bir kaplamaya dahil edilmesidir. Asitlendiriciler, aromalar, renkler, mayalama bileşenleri, tuzlar, enzimler, yapay tatlandırıcılar, mineraller ve vitaminler mikrokapsülenmiş bileşenlerdir. Mikrokapsülleme işlemiyle, gıda ürünlerinin içinde veya gıda yüzeyinde bir dizi canlı probiyotik için dağıtım sistemleri oluşturulabilir. Bu teknik ile yenilebilir film üzerinde yaşayabilir mikroorganizmalar kontrol edilebilir. Ayrıca

gıda üretimi, depolanması, tüketimi ve sindirimi sırasında da sıcaklık, pH, kimyasal ve enzimatik değişikliklere karşı koruma sağlayabilir. Mikrokapsüllerin üretiminde zamklar, nişasta ve türevleri, selüloz ve türevleri, lipitler ve proteinler kullanılır [30].

2.2.2. Lipozomlar

Lipozomlar, iki tabakalı küresel, polimoleküler kümelerdir. Doğada bol miktarda bulunan polar lipitlerden, fosfolipitlerden oluşur. Lipozomların iç kısmına fonksiyonel bileşenler dahil edilerek hem suda hem de lipitte çözünür bileşiklerin kapsüllemesi için kullanılabilir. Gıda ürünlerinde antibakteriyel ve antioksidan bileşenlerin kapsüllemesi amacıyla kullanılabilir.

Bileşikler pH, ışık ve bazı enzimler gibi çeşitli etkilerden koruyan, bunu sulu iç dolgusunda veya çift katmanlı zarı içine alan yapılardır [62,63]. Daha önce yapılan bazı çalışmalara göre lipozomun fenolik bileşiklerin biyoyararlılığını artırdığı belirtilmiştir [62,63].

2.3. Gıda katkı maddesi içeren yenilebilir kaplamaların/film fonksiyonel özellikleri

Yenilebilir film ve kaplamalara gıda katkı maddeleri ilave edilerek bu film ve kaplamaların, bariyer özellikleri, mekanik özellikleri ve duysal özellikleri değiştirilebilir. Yenilebilir filmlere ilave edilen maddeler filmlerin bariyer özelliklerine etki edebilir. Kalsiyum tuzları ve glukto delta laktan içeren soya protein izolat filmleri, sadece soya protein izolatı ile hazırlanan filmlerinden daha düşük buhar geçirgenliğine sahip olduğu belirlenmiştir [31]. Bir diğer çalışmada farklı esansiyel yağların kitosan filme ilave edilmesi ile su buhar geçirgenliğinin azaldığı ve sosis dilimlerine uygulandığında antimikrobiyal etki gösterdiği bulunmuştur [32]. Bir katkı maddesi ilavesi yenilebilir film ve kaplamaların mekanik özelliklerini değiştirebilir. Meydana gelen değişikliklerde ise katkı maddesinin molekül boyutu, polaritesi, şekli ve afinitesi gibi parametreler etkili olmaktadır. Yenilebilir filmlere tuz ve organik asitlerin ilavesi, çapraz bağlama etkisinden dolayı daha iyi mekanik özelliklere sahip bir film oluşabilir [33]. Yenilebilir kaplamalar, işlenmiş gıdalarda duysal özelliklerin iyileştirilmek için renk ve aroma bileşiklerinin taşıyıcısı olarak kullanılabilir. Tat bileşenleri depolama süreci boyunca korunmalıdır. Bu yüzden yenilebilir kaplamalara lezzet kapsülleme uygulaması yapılabilir. Lezzet kapsülleme, aromalardan tatlar üretilmesidir. Bu işlem, depolama sürecinde olumsuz etki oluşturabilecek diğer gıda bileşenleri ile etkileşimi önleyerek lezzetin stabilize edilmesini sağlar.

2.4. Yenilebilir kaplamaların etkileri

2.4.1. Sertlik ve ağırlık kaybının korunması

Gıdaların özelliklerini etkileyen sertlik ve ağırlık kaybı birbiriyle yakından ilişkilidir. Sertlik kaybının nedeni

meyvelerin kesilmesi sırasında açığa çıkan hidrolitik enzimdir. Nem kaybı nedeniyle meydana gelen büzülme sertlik kaybının göstergesidir [34]. Meyve ağırlık kaybının temel nedeni su geçişi ve terleme sürecidir. Yapılan çalışmalarda yenilebilir kaplamaların meyvelerde hücreler arası boşluklardaki iç gaz atmosferinin kısıtlayarak terleme sürecini yavaşlattığı bildirilmiştir [35]. Jongsri ve ark. [36] tarafından yapılan bir çalışmada kitosan yenilebilir kaplamaların, taze kesilmiş meyvelerde stomal açıklığını kapatarak, terleme sürecini ve solunum hızını azalttığı bulunmuştur. Böylece ağırlığın muhafaza edilebileceği bildirilmiştir.

2.4.2. Esmerleşmeyi önleme ve renk muhafazası

Genel olarak yenilebilir kaplamalar, esmerleşme önleyici etki gösterip, rengi ve parlak yüzeyi koruyarak meyvelerin görünümünü iyileştirir. Yapılan çalışmalar, yenilebilir kaplamaların meyvelerdeki enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşmenin yanı sıra klorofilin feofitine indirgenmesiyle oluşan esmerleşme sürecini geciktirebileceğini belirtmektedir. Bu kaplamalar depolama sırasında kaplama nedeniyle meyvelerde solunum hızını düşürerek etilen üretimini azaltmakta ve böylece meyvelerdeki renk değişimlerini yavaşlatmaktadır [37]. Pastor ve ark. [38] tarafından yapılan bir çalışmada propolis özütü içeren hidroksipropil metilselüloz (HPMC) ile kaplanmış üzümde 1-2 °C'de 24 günlük depolama sürecinde daha az kahverengileşme olduğu belirlenmiştir.

2.4.3. Bitkisel besleyiciler ve antioksidan içeriğin korunması

Yenilebilir kaplamalar, solunum hızının yavaşlatılmasıyla titre edilir asitlik ve çözünür katı içeriğinin etkin şekilde korunmasını sağlar [39]. Depolama sürecinde, meyvelerde karbohidrat, yağ asitleri, aminoasitler, terpenoid, karetonoid, flavonid gibi içeriklerde azalma meydana gelir. Yenilebilir kaplama uygulaması taze/taze kesilmiş meyvelerde meydana gelen bitkisel besin içeriğinin korunmasını sağlar [40]. Taze ürünlerde antioksidan özellik fenolikler, flavonodiler, flavonoller, karotenoidler ve glukozinatların varlığından kaynaklanır. Fakat bu bileşenler meyve olgunlaşma sürecinde azalabilir. Yenilebilir kaplama kullanılarak depolama sürecinde meydana gelen fenolik içerik kaybı ve metabolizma oranları kontrol edilerek yaşlanma süreci geciktirilebilir. Mannozi ve ark. [41] tarafından yapılan çalışmada prosiyanidin ile zenginleştirilmiş kitosan bazlı kaplamaların, taze yaban mersininin antioksidan özelliklerini +4 °C'de 14 gün boyunca koruduğu bildirilmiştir.

2.4.4. Antimikrobiyal aktivite

Gıdalarda meydana gelen bozulmaların nedenlerinden biriside, gıda yüzeyindeki mikrobiyal gelişimdir. Yenilebilir kaplamalar, nem bariyeri oluşturarak gıda yüzeyindeki mikroorganizma gelişimini önleyebilir. Ayrıca yenilebilir kaplamalara, uçucu yağlar, bitki özütleri, bal gibi antimikrobiyal aktivite gösteren ürünler

ilave edilebilir. Bu kaplamalar uygulandığı meyve yüzeyinde bulunan mikroorganizmaların büyümesini engelleyebilir [42].

Yukarıda da belirtildiği gibi yenilebilir bir kaplama, gıda kalitesini korumak için umut verici sonuçlar veren önemli yöntemlerden birisidir [43]. Bu yöntemin özelliklerinden biriside, gaz değişimini önlemek için ürünün yüzeyinde kaplama tabakası oluşturmak için biyolojik veya kimyasal malzemeler kullanır ve böylece meyve gibi gıdaların olgunlaşma sürecini yavaşlatır. Son yıllarda yenilebilir kaplamalarda etkili ve güvenilir kaplamalar yapmak için arı ürünleri de kullanılmaktadır. Mevcut kaplama materyalleri arı ürünleriyle birleştirilerek kaplamanın işlevsel özellikleri geliştirilebilir. Arı ürünleri içeriğindeki biyoaktif bileşenler kaplama materyalleri ile etkileşime girerek mevcut kaplamanın bariyer özelliklerini, esnekliğini, yapısal özelliklerini arttırabilir. Ayrıca arı ürünleri; antibakteriyel, antioksidan, antitümoral ve antiviral özellikteki aktif ajanlar içerir. Aktif ajanlar için taşıyıcı sistemler olarak kullanılan yenilebilir film ve kaplamaların etkinliği kullanılacak arı ürünlerinden dolayı bu etkinliği daha da arttırabilir. Bu nedenle, bu makalede arı ürünlerinden hazırlanan yenilebilir kaplama materyalleri üzerine yapılan literatür çalışmaların gözden geçirilmesi amaçlanmıştır.

3. ARI ÜRÜNLERİ VE YENİLEBİLİR KAPLAMA/FİLM

Son yıllarda yapılan çalışmalarla yenilebilir kaplamalarda etkili ve güvenilir kaplamalar yapmak için arı ürünleri de kullanıldığı anlaşılmaktadır [38,44,45]. Bu çalışmalarda da ifade edildiği gibi mevcut kaplama materyalleri arı ürünleriyle birleştirilerek kaplamanın işlevsel özellikleri geliştirilebilir. Arı ürünleri içeriğindeki biyoaktif bileşenler kaplama materyalleri ile etkileşime girerek mevcut kaplamanın bariyer özelliklerini, esnekliğini, yapısal özelliklerini arttırmaktadır. Uygulandığı gıdanın duyu özelliklerini daha cazip hale getirebilir. Arı ürünleri antibakteriyel, antioksidan, antitümoral, antiviral vb. özellikleri nedeniyle taşıyıcı sistemler olarak kullanılabilir. Bal, polen, propolis, arı ekmeği kullanılarak oluşturulmuş yenilebilir kaplamalar üzerine çalışmalar bulunmaktadır [46]. Literatür incelendiğinde bu konuda en çok çalışılan arı ürününün propolis olduğu anlaşılmaktadır.

Aktif gıda ambalajı olarak kitosan filmlerin işlevsel özelliklerinin propolis ile birleştirilerek nasıl bir değişim geçirdiği ile ilgili Siripatrawan ve Vitchayakitti [47] tarafından yapılan bir çalışmada; propolisin kaplanabilir filmlerde önemli derece olumlu etkiler yaptığı tespit edilmiştir. İlgili çalışmada polifenol içeriği yüksek olan farklı konsantrasyonlardaki propolis özütlerin kitosan filmlere eklenmesi sonucunda, filmlerin mekanik özellikleri, oksijen ve nem bariyerleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; kitosan filmlere propolis ilavesi su buhar geçirgenliğinde azalmaya yol

açmıştır. Bu durum kitosan ağı ve propolis içeriğindeki polifenolik bileşikler arasındaki etkileşim sonucunda kitosanın suya afinitesini azaltarak filmlerin su buhar geçirgenliğinde azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir. Bu durumda taze gıdaların ihtiva ettikleri suyunu kaybetmesinin önüne geçerek gıdanın raf ömrünün uzatılmasına yol açabilir. Aynı çalışmada kitosan filme propolis ilavesi oksijen geçirgenliğinde de azalmaya yol açmıştır. Propolis eklenmesi muhtemelen kitosan monomerleri arasındaki etkileşimlerin artmasıyla sonuçlanarak oksijen geçirgenliğinde azalmaya yol açmış olabilir. Bununla birlikte propoliste bulunan bazı pigment kaynaklarından dolayı kitosan temelli kaplamalara propolis eklenmesi sonucunda açık sarı kontrol filmlerine kıyasla daha koyu turuncu renkli filmlerin oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Siripatrawan ve Vitchayakitti [47] tarafından yapılan çalışmada farklı propolis konsantrasyonları (2.5, 5, 10 ve 20%) çalışılmıştır. Propolis konsantrasyonu arttıkça kitosan filmlerin gerilme kuvvetinin arttığı tespit edilmiştir. Uzama oranı ise propolis konsantrasyonu %10 olana kadar artmış fakat %20 propolis içeren filmlerde önemli ölçüde azalmıştır. Yüksek konsantrasyonda propolis bileşiklerinin kristal oluşumu nedeniyle filmin esnekliğinde azalmaya yol açmış olabilir. Kitosan filmi ile propolisten gelen polifenolik bileşenler arasında moleküller arası etkileşim olduğu belirlenmiştir. Bu durumun kitosan filmin özelliklerinde değişikliklere yol açabileceğini göstermektedir. Propolis genel olarak sahip olduğu yüksek fenolik maddelerden dolayı kitosan temelli filmlere propolis ilavesi sonucu oluşan filmlerde hem total fenolik içerik ve antioksidan aktivitede de önemli artış gözlenmiştir.

Propolisin yüksek oranda antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bilinen bir gerçekliktir [48]. Yapılan çalışmalarda propolis ilave edilmiş kitosanın bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesi araştırılmıştır. Propolis özütü içermeyen kitosan filmlerin test edilen bakteriler üzerinde herhangi bir inhibisyon göstermediği, ancak propolis eklenmiş film disklerinin altındaki temas yüzeyinde tüm bakterilere karşı antimikrobiyal etkinin olduğu tespit edilmiştir. Kitosan filmleri propolis ile birleştirildiğinde, mekanik ve bariyer özelliklerinin yanında antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri geliştirebilir. Propolis ilavesi filmlerin gaz ve nem bariyeri özelliklerini iyileştirmiştir. Belirli miktarda eklenen propolis, film esnekliğinde artış sağlamıştır. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik içerikte artış olmuştur. Ayrıca antibakteriyel aktivite görülmüştür. Yapılan analizler, kitosan ile propoliste bulunan aktif bileşenler arasındaki etkileşimler, filmlerdeki değişikliklerin kaynağı olarak gösterilebilir.

Yenilebilir propolis-kitosan nanopartikül filmlerinin fizikokimyasal karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitesi başlıklı bir diğer çalışmada ise propolis-kitosan nanopartikül filmlerinin fizikokimyasal özelliklerini ve antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiştir. Kitosan, kitosan nanopartikül ve farklı konsantrasyonlarda propolis özütü içeren (%10, %20 ve %30) kitosan filmler hazırlanmıştır. Elde edilen filmler çileğe uygulanarak

meyvenin mekanik özellikleri ve antimikrobiyal aktivitede meydana gelen değişiklikler incelenmiştir [49]. Yapılan temas açısı tayininde kitosan nanopartikülü ve propolisin kitosan filmlere dahil edilmesi sonucu filmlerin hidrofobiklik özelliği artmıştır. Kitosan ve propolis arasında moleküler etkileşimler sonucunda kitosanın suya afinitesi azalmış olabilir. Şişme derecesi, suda çözünürlük, su buharı difüzyon hızı kitosan nanopartikül ve propolis ilavesi ile azalmıştır. Bu durum propolisin lipofilik doğasından kaynaklanabilir. Kitosan nanopartikülleri varlığı suyun film içinde difüzyonunu azaltarak kitosanın su ile etkileşimi engellemiş olabilir. Optik mikroskopi incelemesiyle kaplamaların çileğe iyi yapıştığını; gaz ve nem bariyeri için uygun kalınlıklara sahip olduğu bulunmuştur [49]. Film özelliklerinde meydana gelen farklılıklar, kitosan ve propolisin fonksiyonel grupları arasındaki etkileşimlerle açıklanır. Ayrıca atomik güç mikroskobu (AFM) çalışmaları film morfolojisindeki değişikliklerin anlaşılması için yapılmıştır. Kitosan nanopartikülleri ve propolisin eklenmesi film yüzeyindeki pürüzleri azaltarak filmin daha homojen hale gelmesine katkıda bulunmuştur [49]. Bu durum kitosan nanopartikülleri için boşlukların arasını doldurarak, propolis için ise kitosana fonksiyonel grupları arasındaki etkileşimiyle gerçekleşmiş olabilir. Antibakteriyel aktivite için test edilen filmlerde kitosan nanopartikülü ve propolis ilave edilmiş filmlerde, bakteri inhibisyonu görülmüştür. En düşük bakteri inhibisyonu kitosan nanopartikül içeren filmde görülmüştür. Propolis ilave edilmiş filmlerin bakteri inhibisyonu için en etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar kitosan nanopartikülü ve propolisin filme dahil edilmesiyle filmin işlevsel özelliklerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Filmlere nanopartikül ilavesi, pürüzsüzlük ve hidrofobik/hidrofilik davranışı etkilediği bilinmektedir. Kitosan nanopartikülleri boşlukların doldurulmasını sağlayarak pürüzlülük azalmasına ve filmin daha homojen hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca suyla etkileşimi azalttığı için hidrofobik davranışta azalma saptanmıştır. Propolis lipofilik doğasıyla hidrofobik davranış gösterir. Bu nedenle propolisin filmlere ilavesi şişme derecesi, suda çözünürlük, su buharı difüzyon hızını azaltmıştır. Böylece filmin nem bariyer özellikleri iyileştirilmiştir [49]. Kitosan ve propolisin fonksiyonel grupları arasında meydana gelen etkileşimler filmlerdeki farklılıkların kaynağıdır. Propolis ilavesi pürüzlerde azalmaya yol açmış ve filmler daha homojen hale gelmiştir. Kitosan nanopartikülü-propolis içeren filmlerin antibakteriyel aktiviteleri sayesinde mikrobiyal gıda bozulmalarının önüne geçileceği ve yenilebilir kaplama yapımında kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Nanoyapılı kitosan kaplamalarına propolis ilavesiyle oluşan yeni kaplamaların depolama koşullarında çileklerin kalitesi ve antioksidan kapasitesine etkisi üzerine yapılan bir başka çalışmada da propolisin kitosan temelli kaplamaların özelliklerini daha da iyileştirerek meyvenin raf ömrüne önemli katkılar yaptığı tespit edilmiştir [50]. İlgili çalışmada farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30%) propolis ilave edilmiş kitosan temelli nano-kaplamalar çilek meyvesi üzerine uygulanarak 8 gün depolama sonunda meyvede meydana gelen

değişimler ve meyvenin antioksidan aktivitesi incelenmiştir. En düşük meyve ağırlık kaybı ve en yüksek meyve sertliği %10 propolis ilave edilmiş nano yapılı kitosan kaplamalarda meydana gelmiştir. Bunun nedeni, yenilebilir kaplamaların oksijen, karbon dioksit ve nem kaybı arasında yarı geçirgen bir bariyer görevi görmesi ve bu da solunumu, su kaybını ve oksidasyon reaksiyonlarını azaltması olabilir.

Benzer şekilde Bodini ve ark. [51], propolis ekstraktının (% 5) dahil edilmesinin, bir kontrol filmine göre su buharı geçirgenliğini önemli ölçüde azalttığını bulmuştur. Siripatrawan ve Vitchayakitti [47] propolisin (% 2) kitosan filmlerin fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini incelemişler ve bunun filmlerdeki su buharı geçirgenliğini azalttığını bulmuşlardır. Bunun nedeni, propolisin polifenolik bileşiklerinin kitosan matriksine yapışması ve hidrojen veya kitosan reaktif gruplarıyla kovalent bağlanmasından kaynaklanabilir.

Kitosan ve propolisin antioksidan kapasiteyi artırmada etkili olduğu ayrı ayrı kanıtlanmıştır [52-55]. Kitosan temelli nano-kaplamalara propolisin ilavesi ile 8 gün saklama süresinin sonunda çilekte toplam fenol, flavonoid ve antioksidan kapasitesi kontrole göre daha yüksek seviyelere çıkmıştır. Kaplamaların uygulanması, çileğin duyu özellikleri değiştirmemiştir [50].

Arı ürünleri (özellikle propolis) ile birleştirilmiş kitosan temelli aktif bir film, geliştirilmiş fonksiyonel özelliklerle elde edilebilir. Yukarıdaki çalışmalar göz önüne alındığında propolisin kitosan filmlere dahil edilmesi yenilebilir kaplamaların mekanik ve bariyer özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerini geliştirdiği belirlenmiştir. Değişen film özellikleri, FTIR analizi ile doğrulanan fonksiyonel kitosan ve polifenol grupları ile propolisin diğer bileşenleri arasındaki etkileşimlere bağlanmıştır. Propolis ve daha sonra diğer arı ürünleri ile geliştirilebilecek yeni kaplamalar, gıda endüstrisinde geniş bir uygulama alanına sahip olmasının yanında antimikrobiyal ve antioksidan ambalaj malzemesi olarak kullanıma potansiyeline sahip olacaktır. Arı ürünlerinin sağlık ve gıda olarak tüketilmesinin yanında diğer gıdaların raf ömürlerinin artırılmasında kullanılması ekonomik olarak arıcılık yapan üreticilerin ürünlerinin daha çok değerlendirilmesine ve yeni bir gelir getirici alanın oluşmasına neden olacaktır. En etkili ve kullanılabilir arı ürünlü yenilebilir kaplamaların yapılması ve gıdaların raf ömürlerinin artırılmasında kullanılabilmesi için yeni çalışmaların yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] Cimpoi C, Hosu A, Miclaus V. and Puscas A. Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2013;100:149-154. Carlson BM. *Human embryology and developmental biology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2009.

- [2] Chua, LS, Lee, JY and Chan, GF. Characterization of the proteins in honey. *Analytical Letters*. 2015;48(4):697-709.
- [3] Boukraâ, L. Healing properties of honey. *Honey In Traditional and Modern Medicine*. 2014; 37-52.
- [4] Zuluaga, C, Martínez, A, Fernández, J, López-Baldó, J, Quiles, A and Rodrigo, D. Effect of high pressure processing on carotenoid and phenolic compounds, antioxidant capacity, and microbial counts of bee-pollen paste and bee-pollen-based beverage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016;37:10-17.
- [5] Komosinska-Vassev, K, Olczyk, P, Kaźmierczak, J, Mencner, L and Olczyk, K. Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2015;2015:1-6.
- [6] Campos, MGR, Bogdanov, S, de Almeida-Muradian, LB, Szczesna, T, Mancebo, Y, Frigerio, C and Ferreira, F. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*. 2008;47(2):154-161.
- [7] Carpes, ST, Begnini, R, Alencar, SMd and Masson, ML. Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e agrotecnologia*. 2007;31(6):1818-1825.
- [8] Pascoal, A, Rodrigues, S, Teixeira, A, Feás, X and Estevinho, LM. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*. 2014;63:233-239.
- [9] Pietta, P, Gardana, C and Pietta, A. Analytical methods for quality control of propolis. *Fitoterapia*. 2002;73:S7-S20.
- [10] Walker, P and Crane, E. Constituents of propolis. *Apidologie*. 1987;18(4):327-334.
- [11] Serkedjieva, J, Manolova, N and Bankova, V. Anti-influenza virus effect of some propolis constituents and their analogues (esters of substituted cinnamic acids). *Journal of Natural Products*. 1992;55(3):294-297.
- [12] Simuth, J. Some properties of the main protein of honeybee (*Apis mellifera*) royal jelly. *Apidologie*. 2001;32(1):69-80.
- [13] Ramadan, MF and Al-Ghamdi, A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*. 2012;4(1):39-52.
- [14] Nagai, T, Inoue, R, Suzuki, N and Nagashima, T. Antioxidant properties of enzymatic hydrolysates from royal jelly. *Journal of Medicinal Food*. 2006;9(3):363-367.
- [15] Raghuraman, H and Chattopadhyay, A. Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Bioscience Reports*. 2007;27(4-5):189-223.
- [16] Socarras, KM, Theophilus, PA, Torres, JP, Gupta, K and Sapi, E. Antimicrobial activity of bee venom and melittin against *Borrelia burgdorferi*. *Antibiotics*. 2017;6(4):31
- [17] Wehbe, R, Frangieh, J, Rima, M, El Obeid, D, Sabatier, J-M and Fajloun, Z. Bee venom: overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. *Molecules*. 2019; 24(16):2997.
- [18] Fuenmayor, B, Zuluaga, D, Díaz, M, Quicazán de C, M, Cosio, M and Mannino, S. Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen. *Revista MVZ Córdoba*. 2014;19(1):4003-4014.
- [19] Urcan, AC, Al Marghitas, L, Dezmiorean, DS, Bobis, O, Bonta, V, Muresan, CI and Margaoan, R. Chemical composition and biological activities of beebread—review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. 2017;74(1):6-14.
- [20] Kolayli, S and Keskin, M. 2020. Natural bee products and their apitherapeutic applications. Eds. *Studies in Natural Products Chemistry*, Elsevier. 2020;Vol.66:175-196.
- [21] Dhall, R. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013;53(5):435-450.
- [22] Rai, M, Ingle, AP, Gupta, I, Pandit, R, Paralikar, P, Gade, A, Chaud, MV and dos Santos, CA. Smart nanopackaging for the enhancement of food shelf life. *Environmental Chemistry Letters*. 2019;17(1):277-290.
- [23] Hassan, B, Chatha, SAS, Hussain, AI, Zia, KM and Akhtar, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018;109:1095-1107.
- [24] Damodaran, S. *Amino acids, peptides and proteins*. CRC Press: Boca Raton, FL. 2008.
- [25] Torres, JA, Motoki, M and Karel, M. Microbial stabilization of intermediate moisture food surfaces I. Control of surface preservative concentration. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1985;9(2):75-92.
- [26] Vojdani, F and Torres, JA. Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose coatings: Effect of fatty acids. *Journal of Food Science*. 1990;55(3):841-846.
- [27] Rodriguez, M, Ramos, V and Agulló, E. Antimicrobial action of chitosan against spoilage organisms in precooked pizza. *Journal of Food Science*. 2003;68(1):271-274.
- [28] Park, SI, Stan, SD, Daeschel, MA and Zhao, Y. Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria × ananassa*) to control mold growth during cold storage. *Journal of Food Science*. 2005;70(4):M202-M207.
- [29] Nisperos-Carriedo, M O, Shaw, PE and Baldwin, E. Changes in volatile flavor components of pineapple orange juice as influenced by the application of lipid and composite films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1990;38(6):1382-1387.
- [30] Pech-Canul, AdIC, Ortega, D, García-Triana, A and González-Silva, N. A Brief Review of Edible Coating Materials for the Microencapsulation of Probiotics. *Coatings*. 2020;10(3): 197.
- [31] Park SK, Rhee CO, Bae DH, Hettiarachchy NS. Mechanical properties and water-vapor

- permeability of soy-protein films affected by calcium salts and glucono- d -lactone. *J Agric Food Chem.* 2001;49:2308-2312.
- [32] Zivanovic S, Chi S, Draughon AE. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *J Food Chem.* 2005;70(1):M45-M51.
- [33] Hoagland, PD and Parris, N. Chitosan/pectin laminated films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 1996;44(7):1915-1919.
- [34] Shao, P, Zhang, H, Niu, B and Jiang, L. 2018. Antibacterial activities of R-(+)-Limonene emulsion stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide for fruit preservation. *International Journal of Biological Macromolecules.* 2018;111:1273-1280.
- [35] Khaliq, G, Mohamed, MTM, Ali, A, Ding, P and Ghazali, HM. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae.* 2015;190:187-194.
- [36] Jongsri, P, Wangsomboondee, T, Rojsitthisak, P and Seraypheap, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT.* 2016;73:28-36.
- [37] Maringgal, B, Hashim, N, Tawakkal, ISMA and Mohamed, MTM. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology.* 2020;96:253-267.
- [38] Pastor, C, Sánchez-González, L, Marcilla, A, Chiralt, A, Cháfer, M, & González-Martínez, C. Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract. *Postharvest Biology and Technology.* 2011;60(1):64-70.
- [39] Melo, NFCB, de MendonçaSoares, BL, Diniz, KM, Leal, CF, Canto, D, Flores, MA, da Costa Tavares-Filho, JH, Galembeck, A, Stamford, TLM and Stamford-Arnaud, TM. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. *Postharvest Biology and Technology.* 2018;139:56-66.
- [40] Yan, J, Luo, Z, Ban, Z, Lu, H, Li, D, Yang, D, Aghdam, MS and Li, L. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. *Postharvest Biology and Technology.* 2019;147:29-38.
- [41] Mannozi, C, Tylewicz, U, Chinnici, F, Siroli, L, Rocculi, P, Dalla Rosa, M and Romani, S. Effects of chitosan based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage. *Food Chemistry.* 2018;251:18-24.
- [42] Maringgal, B, Hashim, N, Tawakkal, ISMA., Mohamed, MTM, Hamzah, MH and Shukur, NIA. The causal agent of anthracnose in papaya fruit and control by three different Malaysian stingless bee honeys, and the chemical profile. *Scientia Horticulturae.* 2019;257:108590.
- [43] Guimaraes, A, Abrunhosa, L, Pastrana, L M, & Cerqueira, M A. Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2018;17(3):594-614.
- [44] Jafarin, S, & Mohammadnejad, P. Effect of propolis coating on oil uptake and quality properties of fried potato (*Solanum tuberosum*) strips. *Asian Food Science Journal.* 2020;1-8.
- [45] Mladenoska, I. The potential application of novel beeswax edible coatings containing coconut oil in the minimal processing of fruits. *Advanced Technologies.* 2012;1(2):26-34.
- [46] Mironescu, M, Fratila, L, Hupert, A, & Mironescu, I D. Obtaining and characterisation of starch-based edible films incorporating honey, propolis and bee bread. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology.* 2019;23(2):193-198.
- [47] Siripatrawan, U and Vitchayakitti, W. Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. *Food Hydrocolloids.* 2016;61:695-702.
- [48] Pobiega, K, Kraśniewska, K, & Gniewosz, M. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality—A review. *Trends in Food Science & Technology.* 2019;83:53-62.
- [49] Correa-Pacheco, ZN, Bautista-Baños, S, de Lorena Ramos-García, M, del Carmen Martínez-González, M and Hernández-Romano, J. Physicochemical characterization and antimicrobial activity of edible propolis-chitosan nanoparticle films. *Progress in Organic Coatings.* 2019;137:105326.
- [50] Martínez-González, M D C, Bautista-Baños, S, Correa-Pacheco, Z N, Corona-Rangel, M L, Ventura-Aguilar, R I, del Río-García, J C, & Ramos-García, MDL. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage. *Coatings.* 2020;10(2):90.
- [51] Bodini, R B, Sobral, PJA, Favaro-Trindade, C S, & Carvalho, RA. Properties of gelatin-based films with added ethanol-propolis extract. *LWT-Food Science and Technology,* 2013;51(1):104-110.
- [52] Siripatrawan, U, & Harte, B R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids.* 2010;24(8): 770-775.
- [53] Yen M T, Yang, J H, & Mau, J L.n Antioxidant properties of chitosan from carb shells. *Carbohydrate Polymers.* 2008;74(4):840-844.
- [54] Kumazawa, S, Hamasaka, T, & Nakayama, T. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry.* 2004;84(3):329-339.
- [55] Nagai, T, Inoue, R, Inoue, H, & Suzuki, N. Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis. *Food Chemistry.* 2003;80(1):29-33.
- [56] Robertson, GL, *Food Packaging: Principle and Practice.* Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 2013. 703.
- [57] Pavlath, AE, Orts, W, *Edible Films and Coatings: Why, What, and How?* In *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Edited by Milda E.

- Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009. 403.
- [58] Tural, S, Sarıcaoğlu FT, & Turhan, S, Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Üretimleri, Uygulama Yöntemleri, Fonksiyonları ve Kaslı Gıdalarda Kullanımları. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 2017. 15:1, 84-94.
- [59] Dursun, S, Erkan, N, Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Science*, 2009. 3(4): 352-373.
- [60] Üstünol, Z, Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009. 403p.
- [61] Gennadios, A, Milford, AH, Lyndon, BK, Application of edible coating on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT - Food Science and Technology* 1997. 30(4): 337-350
- [62] Gibis, M, Zeeb, B, & Weiss, J, Formation, characterization, and stability of encapsulated hibiscus extract in multilayered liposomes. *Food Hydrocolloids*, 2014. 38, 28-39.
- [63] Özgüven, M, Beyde, B, & Özçelik, B, Atıkların Değerlendirmesi: Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) İç Zarlarından Elde Edilen Fenolikçe Zengin Ekstraktlara Lipozomal Taşıma Sistemlerinin Uygulanabilirliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2020. (19), 241-246.
- [64] Sancak, K, Sancak, A, & Aygören, E, Dünya ve Türkiye'de Arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 2013. 5(10), 7-13.