



GIDA ATIKLARINDAN ÇEVRE DOSTU BİYOBOZUNUR AMBALAJ MALZEMESİ ÜRETİMİ

Eylem Karakuş, Zehra Ayhan*

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Geliş / Received: 10.07.2019; Kabul / Accepted: 23.09.2019; Online baskı / Published online: 22.10.2019

Karakuş, E., Ayhan, Z. (2019). Gıda atıklarından çevre dostu biyobozunur ambalaj malzemesi üretimi. *GIDA* (2019) 44 (6): 1008-1019 doi: 10.15237/gida.GD19102

Karakuş, E., Ayhan, Z. (2019). Production of environmentally friendly biodegradable packaging materials from food waste. *GIDA* (2019) 44 (6): 1008-1019 doi: 10.15237/gida.GD19102

ÖZ

Gıda ambalaj malzemesi olarak petrol bazlı polimerlerin kullanımı hem geri çevrilemez çevre problemlerine yol açmaktadır hem de sürdürülebilir değildir. Bu nedenle son yıllarda petrol bazlı ambalaj malzemelerine alternatif olarak doğada bozunabilen ve kullanımdan sonra tekrar işlenebilen biyobozunur ambalajlar geliştirilmektedir. Diğer yandan gıda sanayisi tonlarca atık üretmektedir. Bu atıklar kimya, tıp, kozmetik ya da hayvancılık gibi farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Sanayi atıklarının yüksek kalitede polisakkarit, esansiyel yağ ve protein içerdiği düşünüldüğünde biyobozunur ambalaj üretiminde kullanılması hem çevresel sorunları azaltacak, hem de atıkların tekrar işlenmesi ile katma değeri daha yüksek ürünlere dönüştürülerek ekonomik kazanç sağlayacaktır. Bu derleme makale ile potansiyel gıda atıklarından gıda ambalaj malzemesi üretilmesi ve bu malzemelerin mekanik, yapısal, termal ve bariyer özelliklerinin değerlendirilmesi ve gıdalarda kullanım potansiyeli irdelenecektir.

Anahtar kelimeler: Biyobozunur malzemeler, bionanokompozit, gıda ambalajlama, gıda atıkları

PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BIODEGRADABLE PACKAGING MATERIALS FROM FOOD WASTE

ABSTRACT

The use of petroleum based plastics as food packaging materials has led not only to irreversible ecological problems but also they are not sustainable. Thus, recently biodegradable packaging materials that dissolved in soil and reprocessable have been developed as an alternative to the petroleum based plastics. On the other hand, food industry has generated tons of food waste which has been recycled in different areas such as chemistry, medicine, cosmetics or animal husbandry. Considering that these waste contains high quality polysaccharides, essential oils and proteins, conversion of food waste into biodegradable packaging materials not only solves environmental problems but also creates value added products with economic benefit. This paper reviews development of biodegradable packaging materials from potential food wastes and characterization of mechanical, morphological, thermal and barrier properties of developed biodegradable films and potential use for food.

Keywords: Biodegradable materials, bionanocomposite, food packaging, food waste

*Yazışmalardan sorumlu yazar /Corresponding author

✉ zehraayhan@sakarya.edu.tr

☎ (+90) 264 295 3858

☎ (+90) 264 295 5601

GİRİŞ

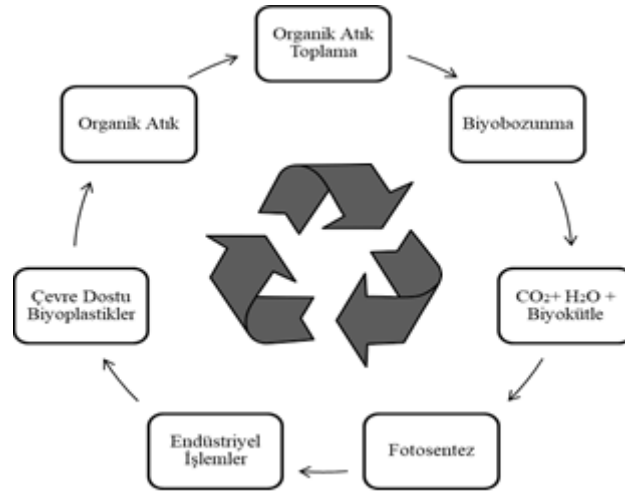
Gıda endüstrisinde ambalaj malzemesi günümüz mühendislik ve teknolojileri kullanılarak ürünü dışardan ve içerden gelebilecek etkilerden koruyan bir bariyer olmakla birlikte ürünü tüketiciye tanıtan, ürünün taşınmasını, depolanmasını, satılmasını ve gerekli durumlarda geri toplanmasını sağlayan bir sistemin ilk basamağıdır. Ambalaj sektörü de diğer tüm sektörler gibi küresel gelişme ve beklentilerden etkilenmektedir. Günümüzde yaşanmaya devam eden küresel ısınma, sürdürülebilir çevre, teknolojik gelişmeler, değişen üretim yönetmelikleri, müşteri istek ve beklentileri, firmaların üretim prosesini geliştirme ve birim maliyeti düşürme üzerine girişimleri malzeme seçimini belirlemektedir. Malzeme özelliklerinin belirlenmesi, ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yapılırken; günümüzdeki biyo-çözünürlük, geri dönüşüm, tekrar kullanılabilirlik, sürdürülebilirlik, sıfır atık yaklaşımı, karbon ayak izini azaltmaya dair küresel bakış açıları ambalajın özelliklerini değiştiren nedenler haline gelmektedir (Keskin vd., 2018).

Geleneksel, petrol türevi ve sentetik polimer esaslı ambalaj malzemeleri gaz bariyer özelliği (oksijen, su buharı, aroma), UV, transparanlık, ısıl yapışabilirlik, kimyasallara karşı inert olması, mekanik kuvvet ve kolay işlenebilirlik gibi spesifik özelliklerinden dolayı 1950'li yıllardan günümüze kadar hâlâ gıda ambalajlama sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Tawakkal vd., 2014). Sentetik polimerler kullanıldıktan sonra bakteriler tarafından bozunmadıkları ve doğada yok edilemedikleri için atık problemine sebep olurlar (Atarés ve Chiralt 2016; Muller vd., 2016). Doğada bozunamamaları sebebiyle UV ışınlarına uzun süre maruz kalırlar ve zehirleyici gazların açığa çıkmasına, hava, toprak ve su kirliliğine neden olurlar (Pitak ve Rakshit 2011; Koshy vd., 2015; Günkaya vd., 2016). PAGEV (2018)'e göre dünyada yıllık plastik kullanımının neredeyse %56'sını gıda ambalajı oluşturmaktadır. 2011 yılında Avrupa ülkelerinde resmi olarak bilinen katı atığın %31'inin, Birleşmiş Milletler, Avusturya ve Kanada gibi ülkelerde ise benzer şekilde katı atığın %30-35'inin ambalaj atıklarından oluştuğu belirtilmiştir (Tencati vd., 2016). PAGEV (2017)

yılı verilerine göre piyasaya sürülen 920 ton plastiğin %46'sı bertaraf edilmemiştir. TÜDAM (2017) verilerine göre ise Türkiye'nin bertaraf edilemeyen plastik atık miktarı 2011 yılında 20 bin ton olup, bu miktar 2018 yılında 72 bin tona ulaşmıştır.

Biyobozunurluk, bir maddenin/malzemenin mikroorganizmaların enzimatik mekanizmalarıyla karbondioksite, metana, suya, inorganik bileşiklere ve biyokütleyle parçalanabilirliği anlamına gelmektedir (Bağış 2015). Sentetik polimerler mikrobiyal bozunmaya uğratılmadıkları için katı atık problemine sebep oldukları gibi petrol bazlı oldukları için sürdürülebilirlikleri ve yenilenebilirlikleri de yoktur. Gıda ambalajlama uygulamaları için uygun olan polimerler nişasta ve türevleri, polilaktik asit (PLA), poli (bütilen süksinat) (PBS), polihidroksibütiren (PHB) gibi alifatik polyesterlerdir (Sorrentino vd., 2007). Biyobazlı (biyobozunur) ambalaj malzemeleri petrol bazlı (sentetik) polimerlerin yerini almada potansiyel bir alternatiftir. Bu durumun sebeplerinden biri petrol bazlı ürünlere olan talebin azalması ve plastik üretmek için yenilenebilir kaynaklara yönelen hareketlenme ile atmosfere salınan gazların miktarının azaltılmasıdır. Diğer bir sebep ise biyobozunur materyallerin kullanım sonrası kompostlanabilir organik kalıntılara dönüşerek katı atık probleminin azaltılmasıdır (Väisänen vd., 2016; Berthet vd., 2016). Biyobozunurluk ve atık problemini azaltmaya yönelik geri dönüşüm mekanizması Şekil 1'de verilmiştir.

Biyobozunur plastikler, bitkisel polisakkarit, protein, lipit ve polyester gibi pek çok yenilenebilir zirai kaynaktan elde edilebilir. Polisakkaritler, selüloz ve nişasta olarak doğada bol miktarda bulunurlar ve biyoplastik üretiminde önemli rolleri vardır (Harini vd., 2018). Proteinlerin üç boyutlu ağ yapıları polimer zincirleri arasındaki etkileşimi arttırarak stabil bir yapı sağlar fakat bu materyalin elastikiyeti için yeterli değildir. Bu nedenle polimer zincirlerinin hareket edebilmesi için plastikleştirici kullanılır.



Şekil 1. Biyobozunur Polimerlerin Geri Dönüşüm Mekanizması (Hazer 2011; Thakur vd., 2018)

Gıda endüstrisinde gıdanın üretimi, hazırlanması ve tüketiminden kaynaklı olarak fazla miktarda hem katı hem sıvı atık meydana gelir. Bu atıklar imha edilirken sorun oluşturur fakat biyokütle ve besin bileşeni olarak değerli ürünlerdir (Deniz vd., 2015; Kanmaz ve Saral 2017). Türkiye’de meyve ve sebze endüstrisi fazlasıyla atık veren bir alandır. Meyve ve sebzeler taze olarak tüketildiği gibi meyve suyuna ve reçele, sebzeler de konserve ürünlere işlenir. Tüm bu işlemler sonucunda polisakkarit, protein ve lipid içeriği yüksek olan kabuk, çekirdek ve posa gibi atıklar oluşur. Bu atıkların farklı prosesler için tekrar kullanılabilirliği vardır. Bu nedenle “Sıfır Atık Yaklaşımı” benimsenmeye çalışılmaktadır. Sıfır atık yaklaşımı işleme sonrasında oluşan organik atığın çeşitli işlemlere tabii tutularak kimya, ilaç, kozmetik gibi farklı bir alanda ya da yine gıda üretiminde tekrar ham madde olarak kullanılmasını temel almaktadır. Özellikle meyve ve sebze endüstrisi atıklarının yapılarında bol miktarda pektin ve farklı esansiyel yağlar mevcuttur. Atıkların yapısındaki bu organik maddeler ambalaj malzemelerinin yalnızca mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek için değil aynı zamanda biyobozunur film üretimi için de kullanılmaktadır. Ayrıca portakal kabukları, elma posası ile kabuğu, nar ve muz kabukları ticari pektin üretiminde en yaygın olarak kullanılan hammaddelerdir (Yılmaz vd., 2017; Wikiera vd., 2016; Pereira vd., 2016; Oliveira vd., 2016). Meyve ve sebze atıklarından biyobozunur ambalaj malzemesi üretimi son

yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Atıklardan elde edilen biyobozunur filmler mekanik ve bariyer özellikleri açısından ticari polimerlerle rekabet edebilecek düzeyde değildir. Ancak bu özelliklerin nanoteknoloji uygulamalarıyla geliştirilmesi mümkündür (Da Silva vd., 2017).

Ticari polimerlerin mekanik ve bariyer özellikleri dikkate alındığında ambalaj malzemesi olarak kullanıma uygun olmasına rağmen sürdürülebilir ve biyobozunur olmaması sebebiyle doğal polimerlere ilgi artmaktadır. Fakat doğal polimerlerden elde edilen filmler zayıf bariyer ve mekanik özellikler göstermektedir. Bu açıdan biyobozunur polimerler ticari polimerlerle henüz rekabet edebilecek düzeyde değildir. Bu sebeple pek çok biyopolimer organik ya da inorganik katkılarla desteklenerek geliştirilmiş biyopolimerler elde edilmektedir (Romero-Bastida vd., 2016; Grigoriadi vd., 2015). Biyobozunur ambalaj malzemelerinin zayıf bariyer ve mekanik özelliklerini geliştirebilmek için nanoteknoloji uygulamaları kullanılarak biyonanokompozit ambalaj malzemeleri üretilmektedir. Nanoparçacıklı sistemler (nanokompozitler) saf polimerlerle ya da geleneksel polimerlerle karşılaştırıldığında molekül zincirleri arasında daha fazla ara yüzey şansı verdiği için, istikrarlı termal, mekanik ve bariyer özellik göstermektedirler. Ayrıca nanoteknoloji uygulamaları düşük fiyat etkinliği için de yeni imkanlar yaratmaktadır (Sorrentino

vd., 2007). Nanoparçacıkların biyopolimerlere entegre edilmesiyle elde edilen biyobozunur filmlerin hem mekanik ve bariyer açısından olumsuz özellikleri giderilebilir hem de tamamen farklı özelliklerde yeni malzemeler geliştirilebilir (Saklar 2008). Polimer/kil kompozitleri ince filmlerin bariyer özelliklerini geliştirmektedir (Grigoriadi vd., 2015; Trifol vd., 2016; Staroszczyk vd., 2017). Bariyer özelliğın gelişebilmesi için genellikle iyi dispers olmuş ve hacim/alan oranı yüksek nanopartiküller kullanılır. Organik kilin polimere eklenmesiyle oluşan nanokompozitler biyolojik olarak parçalanabilir yapıdadır (Attaran vd., 2017). Aynı zamanda biyanokompozitlerin ve nanopartiküllerin bazı bakterilerin gelişimini engelleyici etkisi olduğu (Ahmed vd., 2017), antimikrobiyal maddelerin taşıyıcısı gibi davrandığı (Siripatrawan ve Vitchayakitti 2016) ve direkt olarak antimikrobiyal film oluşturduğu (Reesha vd., 2015) literatürde belirtilmektedir. Kitosan (Al-Naamani vd., 2016), nano-gümüş (Li vd., 2017), çinko oksit (Sanuja vd., 2015) ve titanyum dioksit (Long vd., 2014) gibi dolguların kullanılmasıyla antimikrobiyal biyanokompozit filmler oluşturulmaktadır.

Türkiye iklim koşulları ve toprak yapısı olarak düşünüldüğünde farklı türde tarım ürünlerinin yetişmesine elverişli olan bir coğrafyadadır. Bu nedenle toplam gıda endüstrisinin büyük bir kısmını meyve ve sebze işleme endüstrisi oluşturmaktadır. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde işlenen meyvelerin yüzde dağılımı; %49,50 elma, %12,13 şeftali, %10,10 vişne, %8,8 nar, %7,7 portakal, %5,5 kayısı, %4,4 havuç ve %3,3 üzüm şeklindedir (Aygören vd., 2013). Ayrıca TÜİK (2016) verilerine göre Türkiye’de 2015 yılında 1800 bin ton portakal üretilmiş olup portakal suyu üretim tesislerinde yaklaşık 760 bin ton portakal kabuğunun atık olarak çıktığı tahmin edilmektedir (Günkaya vd., 2016).

Gıda endüstrisi atıklarının biyobozunur film üretiminde kullanımı çevreci yaklaşım açısından son zamanlarda oldukça ilgi çeken konulardan biri olmuştur. Atıkların içerdikleri bileşenler ambalaj malzemesine elastikiyet, mukavemet, biyobozunurluk, transparanlık ve antimikrobiyal aktivite gibi farklı özellikler katabilmektedir.

GIDA ATIKLARINDAN BİYOBOZUNUR FİLM ÜRETİMİ VE GIDALARDA KULLANIM POTANSİYELİ

Bu derlemenin amacı gıda endüstrisinden kaynaklanan atıkların biyobozunur ambalaj malzemesi olarak değerlendirildiği çalışmaları incelemek; biyobozunur plastiklerin atıklardan üretim yöntemlerini, kullanılan katkı/dolgu maddelerini, elde edilen filmlerin karakterizasyonunu (yapısal, mekanik, bariyer, termal ve fiziksel özelliklerini) ve gıdalarda kullanım potansiyelini göstermektir. İncelenen çalışmalarda kullanılan atık, malzeme üretim yöntemi ve elde edilen malzemelerin özellikleri Çizelge 1.’de özetlenmiştir.

Portakal kabukları pektin içeriği bakımından zengin bir atıktır. Bu atığın toz halinin kullanılmasıyla elde edilen filmler fırında ve inkübatörde olmak üzere iki farklı şekilde kurutulmuştur. Fırında sıcak hava akımı filmler üzerinden geçerken inkübatörde ek olarak kurutma boyunca çalkalama yapılmaktadır. Çalışmada inkübatörde kurutulan filmin fırında kurutulan filme göre daha homojen bir yüzey oluşturduğu belirtilmiştir. Portakal kabuğu tozundan elde edilen filmlerde düşük yoğunluklu polietilen, yüksek yoğunluklu polietilen, politetrafloretillen, polipropilen ve polistiren gibi ticari polimerlerin çekme direncine yakın (16-32 MPa) değerler elde edilmiştir. Polimerler için bir diğer önemli özellik olan kopma anındaki uzama miktarı ise polipropilen dışındaki polimerlere göre daha iyi sonuç vermiştir (Bátori vd., 2017). Portakal kabuğu atıklarının pektin ve selüloz içeriğinin yüksek olması filmin anaerobik şartlar altında 15. günde %85-95 biyobozunmasını sağlamıştır. Turunçgil atıklarında bulunan başlıca bileşenlerden D-limonene esansiyel yağından beklenen antimikrobiyal etki görülmemiş, turunçgil atıklarına uygulanan ön işlemler sırasında esansiyel yağın da uzaklaşmış olabileceği rapor edilmiştir (Bátori vd., 2017; Ferhat vd., 2007).

Çizelge 1. Gıda Atıklarından Ambalaj Malzemesi Üretim Yöntemleri ve Karakterizasyonuna Dair Bilimsel Çalışmalar Listesi

Film/ Malzeme Elde Edilen Atık Kaynağı	Dolgu Malzemesi/ Aktif Bileşen	Film/Malzeme Üretim Yöntemi	Malzeme Özellikleri	Kaynak
Portakal Kabuğu	-	%1 sitrik asit, %7 (w/w) gliserol ve %2 (w/w) portakal kabuğu, 70°C'de karıştırma, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 40°C'de kurutma	Çekme direnci değeri 28-36 MPa, anaerobik koşullarda 15 günde %85-95 biyobozunur özellik, antimikrobiyal etki yok	Bátori vd., 2017
Soya Proteini	Valeks Taneni	Saf su, %3 (w/v) gliserol ve %3 soya proteini, 30°C'de karıştırma, farklı oranlarda valeks taneni ilavesi, NaOH ile pH ayarlanması, 80°C'de karıştırma, sıcak su banyosunda bekletme, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 50°C'de 12 saat kurutma, %43 bağıl nemde şartlandırma	Tanen oranının artmasıyla UV ışınlarına karşı daha iyi bariyer özellik, oksijen geçirgenliğinde düşüş, çekme direncinde ve su buharı geçirgenliğinde artış, pH'nın artmasıyla artan transparan özellik	Wang ve Wang 2017
Polivinil Alkol/ Karboksümetil Selüloz	Şeker pancarı küspesinden elde edilen kristal nanoselüloz	Şeker pancarından asit hidrolizi ile nanoselüloz elde edilmesi, %3.75 (w/v) PVA, 90°C'de karıştırma, %1 karboksümetil selüloz, oda sıcaklığında karıştırma, çözeltilerin 1:1 oranında karıştırılması, farklı oranlarda kristal nanoselüloz ilavesi, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 80°C'de kurutma	Kristal nanoselüloz eklenmesiyle kontrol filme göre elastik modül ve çekme direnci değerlerinde artış, su buharı geçirgenliğinde düşüş	El Achaby vd., 2017
Mısır Nişastası	Kristal nanokitin	Saf su, %7(w/v) mısırdan edilen nişasta, %3 (w/v) gliserol, 50°C'de sıcak su banyosunda karıştırma, farklı oranlarda kristal nanokitin ilavesi, ultrasonik su banyosunda karıştırma, çözelti dökme yöntemi ile film üretimi, 45°C'de kurutma, %53 bağıl nemde şartlandırma	%2 kitin nanokristali ilavesiyle su buharı geçirgenliğinde %58 düşüş çekme direncinde %93 artış, Gram negatif bakterilere karşı yüksek antimikrobiyal etki	Oin vd., 2016
Nar Kabuğu	Montmorillonit (MM)	Nar kabuklarından pektinin elde edilmesi, farklı oranlarda montmorillonit ilavesi, %0,75(w/v) gliserol, oda sıcaklığında karıştırma, pektin ilavesi, çözelti dökme yöntemiyle film üretimi, 40°C'de kurutma, %50 bağıl nemde şartlandırma	%6 MM ilavesiyle çekme direncinde artış, %8 MM ilavesiyle su buharı geçirgenliğinde %40 düşüş	Oliveria vd., 2016
Kaju Kabuğu Nişastası	Cevizden elde edilen kristal selüloz	Farklı oranlarda kaju kabuğu nişastası, 90°C'de karıştırma, ceviz kabuğundan elde edilen farklı oranlarda kristal selüloz, %1.2 sitrik asit ve %1.25 (w/w) gliserol ilavesi, oda sıcaklığında karıştırma, çözelti dökme yöntemine göre film üretimi, 40°C'de kurutma	%2 ceviz kabuğu selülozu ilavesiyle oksijen geçirgenliğinde % 34 düşüş, çekme direnci değerinde %384 artış ve uzama miktarında %5,5 düşüş	Harini vd., 2018
Limon Kabuğu Patates Kabuğu	Karanfil esansiyel yağı	%5 (w/v) limon ve portakal kabuğu, oda sıcaklığında karıştırma, farklı sürelerde ultrasonik su banyosunda karıştırma, 90°C'de homojenize etme, %4 (v/v) gliserol ve %2 (v/v) yumurta sarısı ilavesi, çözelti dökme yöntemine göre film üretimi, 50°C'de kurutma, %2'lik CaCl ₂ çözeltisine daldırma, %55 bağıl nemde şartlandırma (Optimum olarak seçilen filmin yapısına karanfil esansiyel yağı ekleme)	Ultrason süresinin artmasıyla su buharı geçirgenliğinde, nem kaybı ve suda çözünürlükte düşüş, çekme direnci ve uzama miktarında artış, <i>Escherichia coli</i> 'ye karşı antimikrobiyal etki	Borah vd., 2017

Biyoplastik üretiminde kullanılmak üzere değerlendirilen bir diğer sanayi çıktısı soya fasülyesi atığıdır. Soya sanayide fazla miktarda işlenen ve fazla atık veren bir hammaddedir. Bu nedenle diğer biyoplastik üretilen malzemelere göre ekonomik olarak daha düşük bir maliyetle elde edilir (Kowalczyk ve Piorkowska 2012). Soya protein izolatına meşe palamudunun meyvesinde bulunan valeks taneni katkı maddesi olarak ilave edilerek elde edilen filmlerde pH'nın etkisi de araştırılmıştır. Katkılı filmler UV dalga boyundaki ışığa karşı koruma gösterirken, transparanlığın azalmasına sebep olmuştur. Yapılan çalışmada valeks taneni katkı soya proteini izolatından elde edilen filmler için potansiyel bir antioksidan etki beklenmiştir. %15 oranında tanen eklenmesiyle filmlerin oksijen geçirgenliğinde %19 düşüş, su buharı geçirgenliğinde ise %41 artış gözlemlenmiştir. Soya atığına valeks tanenin ilavesiyle elde edilen filmlerde, solüsyonun pH değeri filmlerin bariyer ve mekanik özelliklerinde arzu edilen değişikliklerin gerçekleşmesini sağlamıştır. Bu durumda farklı işleme teknikleri ile biyobozunur film özelliklerinin geliştirilebileceği görülmüştür. Valeks taneni çekme direncini arttırmış fakat kopma anındaki uzama oranını azaltmıştır. Bu durum tanenlerin soya protein izolatı ile hidrofobik etkileşimi ve hidrojen bağlarının etkisiyle filmin kırılma dayanımının artmasından kaynaklanmıştır (Wang ve Wang 2017).

Gıda sanayi atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili bir diğer çalışmada limon kabukları ve patates posası farklı oranlarda karıştırılarak film elde edilmiştir. Film formülasyonunda kullanılan bileşenlerin oranları film özelliklerini değiştiren önemli bir etkidir. Patates cipsi üretimi sırasında açığa çıkan patates posası miktarı, toplam üretimin %12-20'si arasındadır. Patates posası nişasta, selüloz, hemiselüloz ve fermente edilebilir seker içeriği bakımından zengin ve biyopolimer film üretimi için potansiyel bir atıktır (Rogols vd., 2003). Limon ise genellikle taze olarak ya da meyve suyuna işlenerek tüketilen bir üründür ve kabuğu flavanoid, pektin ve esansiyel yağlar açısından oldukça zengindir. Bunun yanında limon posasının antioksidan ve antimikrobiyal özelliği de literatürde belirtilmiştir (Chutia vd.,

2009). Bu çalışmada atıkların değerlendirilmesinin yanı sıra kullanılan atıkların partikül boyutunun filmin özelliklerine etkisi de araştırılmıştır. Bu amaçla atıkların partikül boyutunu azaltmak ve partiküllerin topaklanmasını engellemek için film çözeltilerine ultrason işlemi uygulanmıştır. %100 limon kabuğundan oluşan filmin su buharı geçiş hızında %100 patates posasından oluşan filme göre %73 düşüş gözlemlenmiştir. Limon kabuğu ilavesiyle filmlerin su buharını geçirme oranı önemli derecede azalmıştır. Patates posası ve limon kabuklarından elde edilen filmler patates:limon oranı 0,5:1 olduğunda en düşük su buharı geçirgenliği değerini ve kabul edilebilir mekanik özellikleri göstermiştir. Partikül dağılımı, partikül boyutu ve şeklindeki değişim filmlerin mekanik özelliklerine yansımıştır. Formülasyondaki limon kabuğu miktarı arttıkça kopma anındaki uzama oranı da artmıştır. Patates posasının azalması ve limon kabuğu tozu miktarının artmasıyla filmlerdeki kırmızimsı ve sarımsı renk azalmıştır (Borah vd., 2017). Patates:limon oranı 0,5:1 olan film ekmek ambalajlamak için kullanılmıştır. Ekmek dilimleri ambalajsız, polietilen ambalaj ve çalışmada optimum olarak seçilen ambalaj olmak üzere 3 farklı uygulamada 5 günlük raf ömrü boyunca takip edilmiştir. 5 günlük raf ömrü sonunda biyobozunur film ile ambalajlanmış ekmek dilimleri polietilen ambalajdaki ekmek dilimlerine göre daha fazla ağırlık kaybı gösterirken, ambalajsız dilimlere göre daha az kayıp gözlemlenmiştir.

Nar endüstride genellikle nar suyu ya da reçel gibi ürünlere işlenen bir ham maddedir. Nar işlendikten sonra %55 kadar posa açığa çıkar. Posa antioksidan ve antibakteriyel maddeler, pektin, tanen ve nem açısından zengindir (Canbolat vd., 2014). Nar kabukları ekstraktına farklı oranlarda montmorillonit (MM) eklenen bir çalışmada filmin fiziksel ve bariyer özellikleri incelenmiştir. Film formülasyonunda MM oranının artması bariyer özellikleri geliştirmiş, fakat kopma anındaki uzama gibi bazı mekanik özellikleri olumsuz etkilemiştir. %8'lik MM oranı su buharı geçirgenliğinde %40'lık bir azalmaya yol açarken, kopma anındaki uzama miktarında ve çekme direncinde istenmeyen sonuçlar elde

edilmiştir. Bu çalışmada %6 oranında eklenen MM optimum seçenек olup, çekme direncini %75, elastik modülü %68 arttırırken kopma anındaki uzama oranını %14 azaltmıştır. Bununla birlikte su buharı geçirgenliğinde de önemli ölçüde azalma gözlemlenmiştir (Oliveria vd., 2016). Bu çalışmada biyobozunurluk testi yapılmamıştır.

Biyobozunur film üretmek için sıklıkla kullanılan pektinler, zayıf fiziksel ve bariyer özellikler gösterdiği için nano yapıli dolgularla desteklenerek ticari polimerlerle rekabet edecek düzeye getirilebilir. Doğal bir bileşen olan selülozdan elde edilen nanokristaller filmlere sertlik ve mukavemet kazandırır. Selüloz nanokristalleri (CNC) selüloz içeriği yüksek olan hammaddelerden elde edilebilir.

Muz işleme prosesinden sonra meyvenin %30' u kadar muz kabuğu açığa çıkar. Muz kabuğu yalnızca nem, protein, pektin ve potasyum açısından değil aynı zamanda besinsel lif (selüloz), antioksidan ve fenolik bileşenler açısından da zengin bir atıktır (González-Montelongo vd., 2010). Muz kabuklarından elde edilen pektinin ve selüloz nanokristallerinin film formülasyonuna eklenmesiyle yapılan bir çalışmada fiziksel ve bariyer özellikler geliştirilmek istenmiştir. Film formülasyonunda selüloz nanokristali oranı arttıkça çekme direncinde, elastik modül, opaklık değerleri ve suda çözünmeyen madde miktarında artış; uzama anındaki kopma oranı ve su buharı geçirgenliğinde düşüş gözlemlenmiştir. Selüloz nanokristalinin %5 oranında eklenmesi optimum sonucu vermiştir. Daha fazla eklendiğinde filmde pektin ve selüloz nanokristali etkileşimi arttığından çekme direnci değerinde azalmaya sebep olmuştur. Muz kabuklarından kaynaklanabilecek antioksidan etki ve malzemenin biyobozunurluğu bu çalışmada incelenmemiştir. Bu çalışma nano dolguların biyobozunur filmlerin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirebileceğini göstermektedir (Oliveira vd., 2017).

Biyobozunur film üretiminde yalnızca meyve ve sebze atıkları değil aynı zamanda kabuklu kuruyemişlerin kabukları da kullanılmaktadır.

FAO verilerine göre kaju 2012 yılında 4,2 tonluk üretim kapasitesine ulaşmıştır. Yüksek oranda nişasta içeren kabukların, biyotermoplastik üretimi için uygun bir malzeme olduğu literatürde belirtilmiştir (Yuliana vd., 2012). Aynı durum ceviz kabukları için de geçerlidir. Biyobozunur filmlerde ceviz kabukları absorblayıcı (Ding vd., 2012) ve güçlendirici materyal olarak rol oynar (Sarsari vd., 2016).

Kaju kabuklarından elde edilen nişastanın film matriksi olarak kullanıldığı bir çalışmada ceviz kabuklarından elde edilen selüloz da dolgu olarak kullanılmıştır. Elde edilen filmlerin TGA (termogravimetrik analiz) grafiğinde; ceviz kabuğu (selüloz) katkılı filmlerin 253°C'ye kadar dayanabildiği, katkısız filmlerde bu sıcaklığın 220°C'ye düştüğü görülmüştür. Bu durum katkılı filmleri işlerken 220°C'nin üzerinde ısı işlem uygulanabileceğini fakat katkısız filmlerde bu değerin aşılması gerektiğini açıklamaktadır. Kristallenme indeksi kaju kabuğunda %29, ceviz kabuğunda %72 olarak ifade edilmiştir. Bu durum ceviz kabuğundaki selüloz molekülünün kaju kabuğundaki nişasta molekülünden daha kristal bir yapıya sahip olduğunu gösterir. %7,5 kaju kabuğu nişastası ve %2 ceviz kabuğu selülozu içeren filmde oksijen geçiş hızı katkılı filmlerde %34 azalmış, çekme direnci değeri %384 artmış ve kopma anındaki uzama oranı %5,5 azalmıştır. Bu çalışma ceviz kabuğundan elde edilen selülozun oksijene karşı çok iyi bariyer özellik gösterdiğini kanıtlamıştır (Harini vd., 2018).

Gıda endüstrisi atıklarından hem ambalaj materyalinin temel yapısını oluşturacak matriks hem de matriksin yapısını geliştirecek katkı/dolgu maddeleri elde edilebilir. Polivinil alkol (PVA) ve karboksimetil selüloz kristalleri (CMC) birbirleri ile uyumlu ve karışabilen iki biyopolimerdir (Villarruel vd., 2015). Bu iki polimer kullanılarak hazırlanan film formülasyonuna, şeker pancarı küspesinden elde edilen selüloz nanokristalleri dolgu maddesi olarak eklenmiştir. Katkısız PVA/CMC kompozit filmi içerdiği hidroksil grupları sebebiyle su buharına karşı çok hassastır (Muppalla vd., 2014). %5 oranında selüloz nanokristali katkılı kompozit filmin su buharı geçirgenliği katkısız filme göre %83,3 azalmıştır.

Ayrıca %5 katkı filmde çekme direnci katkısız filme göre %83 artarken, kopma anındaki uzama %55 azalmıştır. PVA/CMC kompozitinin %90 transparan özellik gösterdiği literatürde yer almaktadır. Selüloz nanokristalinin maksimum oranda eklenmesiyle transparanlığın bozulmaması, selüloz nanokristallerinin PVA/CMC matriksine iyi karışabildiğini ve uyum sağladığını göstermektedir (Fortunati vd., 2015). Yapılan çalışmanın SEM görüntülerinden PVA/CMC kompozitine eklenebilecek maksimum selüloz nanokristali oranının %10'u geçmemesi gerektiği anlaşılmaktadır. %10 katkı filmlerde selüloz nanokristallerinin arasındaki etkileşim matriksle olan etkileşimden daha fazla olduğu için film morfolojisinde topaklanmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir (El Achaby vd., 2017).

Nişasta, gıda ambalajlama uygulamalarında hem yenilebilir film olarak hem de biyobozunur film olarak en yaygın kullanılan, genellikle film matriksini oluşturan polisakkarittir. Kitin nano kristalleri ise biyobozunurluk, biyo-uyumluluk ve antibakteriyel özellik göstermeleri sebebiyle ambalaj malzemelerine katkı olarak eklenmektedir. Biyonanokompozit elde etmek için mısır nişastası ve farklı oranlarda (%0, %0,5, %1, %2 ve %5) kitin nano kristalinin kullanıldığı bir çalışmada filmlerin mekanik, bariyer ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Filmlerin mekanik özelliklerinde önemli derecede gelişme gözlemlenmiştir. %5 katkı filmin çekme direnci değeri katkısız filme göre %44 oranında artarken, uzama oranı %36 azalmıştır. Bu durum kitin nano kristallerinin kendi aralarında ve matriks materyaliyle (mısır nişastası) yaptığı kuvvetli hidrojen bağlarından kaynaklanmaktadır (Maciel vd., 2015). Filmlerin bariyer özelliklerine bakıldığında %1 kitin nano kristal oranından itibaren su buharı geçirgenliği önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca su buharı geçirgenliği %2 katkı filmde kontrole göre %58 düşüş sağlarken, %5 katkı filmde %52 düşüş olduğu belirtilmiştir. Mısır nişastası filmine kitin nano kristalinin eklenmesiyle *L. monocytogenes*'e karşı antibakteriyel özellik gösterdiği rapor edilmiştir (Qin vd., 2016).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde film üretiminin daha çok laboratuvar ölçeğinde olduğu ve gıda uygulamalarının çok sınırlı sayıda olduğu dikkat çekmektedir. Endüstriyel üretime uygunluk açısından yapılan çalışmaların pilot ölçek ve/veya endüstriyel ölçekte gerçekleştirilmesi ve gıdalarda test edilmesi de gerekmektedir.

SONUÇ

Gıda atıkları kullanılarak elde edilen ve biyobozunur özellik taşıyan filmlerin ticari plastiklerle kıyaslandığında gıda ambalajlama açısından önemli olan bariyer ve mekanik özellikler açısından daha zayıf özellikler taşıdıkları ortaya konulmuştur. Filmlerin bariyer ve mekanik özelliklerini güçlendirebilmek için montmorillonit, selüloz nanokristalleri, nanokil ve benzeri nanodolgular kullanıldığı gibi biyokompozit uygulaması da yapılabilmektedir. Birden fazla atığın birlikte değerlendirilmesi ile mekanik ve bariyer özellikleri daha güçlü ve yüksek performanslı ambalaj malzemelerinin geliştirilmesi sağlanabilir. Sanayi atıklarının çeşitliliği ve içerdikleri bileşenlerin fonksiyonel özellikleri düşünüldüğünde bu alandaki çalışmaların devamı her geçen gün daha farklı ve daha iyileştirilmiş özellikteki filmlerin elde edilmesini sağlayacaktır. Biyobozunur ambalaj malzemelerinin geliştirilmesi ve ticari polimerlerin yerini alması yapılan bu çalışmalarla hızlanacaktır. Biyobozunur ambalaj malzemeleri geliştikçe biyobozunur bardak, çatal ve tabak gibi tek kullanımlık malzemelerin üretiminin ve kullanımının yaygınlaşması da beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, J., Hiremath, N., Jacob, H. (2017). Antimicrobial efficacies of essential oils/nanoparticles incorporated polylactide films against *L. monocytogenes* and *S. typhimurium* on contaminated cheese. *Int J Food Prop*, 20(1), 53-67, doi: 10.1080/10942912.2015.1131165.
- Al-Naamani, L., Dobretsov, S., Dutta, J. (2016). Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 38, 231-237, doi: 10.1016/j.ifset.2016.10.010.

- Atarés, L., Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends Food Sci Technol*, 48, 51-62, doi: 10.1016/j.tifs.2015.12.001.
- Attaran, S. A., Hassan, A., & Wahit, M. U. (2017). Materials for food packaging applications based on bio-based polymer nanocomposites: A review. *J Thermoplas Compos Mater*, 30(2), 143-173, doi: 10.1177/0892705715588801.
- Aygören, E., Sancak, A.Z., Akdağ, E., Demirtaş, M., Dönmez, D., Sancak, K. (2013). Türkiye'de Meyve Suyu Üretim Sektörü. 11. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 03-05 Eylül 2013, Samsun, Türkiye, 1540-1548.
- Bağış C. (2015). TiO₂ kullanımının pva esaslı biyobozunur kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Seçuk-Tek Derg*, 14(2), 997-1004.
- Bátori, V., Jabbari, M., Åkesson, D., Lennartsson, P.R., Taherzadeh, M.J., Zamani, A. (2017). Production of pectin-cellulose biofilms: A new approach for citrus waste recycling. *Int J Pol Sci*, 2017:1-9, doi: 10.1155/2017/9732329.
- Berthet, M.A., Angellier-Coussy, H., Guillard, V., Gontard, N. (2016). Vegetal fiber-based biocomposites: Which stakes for food packaging applications. *J Appl Pol Sci*, 133: 42528-42546, doi: 10.1002/app.42528.
- Borah, P.P., Das, P., Badwaik, L.S. (2017). Ultrasound treated potato peel and sweet lime pomace based biopolymer film development. *Ultra sonochem*, 36: 11-19, doi: 10.1016/j.ulsonch.2016.11.010.
- Canbolat, Ö., Kamalak, A., Kara, H. (2014). Nar posası silajına (*Punica granatum* L.) katılan ürenin silaj fermentasyonu, aerobik stabilite ve in vitro gaz üretimi üzerine etkisi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 61: 217-223.
- Chutia, M., Bhuyan, P.D., Pathak, M.G., Sarma, T.C., Boruah, P. (2009). Antifungal activity and chemical composition of Citrus reticulata Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. *LWT-Food Sci Technol*, 42(3): 777-780, doi: 10.1016/j.lwt.2008.09.015.
- Çankaya, N., Sökmen, Ö. (2016). Kitosan-Kil Biyonompozitleri. *Politek*, 19(3), 283-295.
- Da Silva, I.S.V., Neto, W.P.F., Silvério, H.A., Pasquini, D., Zeni Andrade, M., Otaguro, H. (2017). Mechanical, thermal and barrier properties of pectin/cellulose nanocrystal nanocomposite films and their effect on the storability of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Pol Adv Technol*, 28(8): 1005-1012, doi: 10.1002/pat.3734.
- Deniz, E., Yeşilören, G., İşçi, N.Ö. (2015). Türkiye'de Gıda Endüstrisi Kaynaklı Biyokütle ve Biyoyakıt Potansiyeli. *Gıda*, 40(1), 47-54, doi: 10.15237/gida.GD14037.
- Ding, D., Zhao, Y., Yang, S., Shi, W., Zhang, Z., Lei, Z., Yang, Y. (2013). Adsorption of cesium from aqueous solution using agricultural residue-walnut shell: equilibrium, kinetic and thermodynamic modeling studies. *Water research*, 47(7), 2563-2571, doi: 10.1016/j.watres.2013.02.014.
- El Achaby, M., El Miri, N., Aboulkas, A., Zahouily, M., Bilal, E., Barakat, A., Solhy, A. (2017). Processing and properties of eco-friendly bio-nanocomposite films filled with cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse. *Int J Biol Macromol*, 96, 340-352, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.12.040.
- Ferhat, M.A., Meklati, B.Y., Chemat, F. (2007). Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. *Flavour Fragr J*, 22(6): 494-504, doi: 10.1002/ffj.1829.
- Fortunati, E., Luzi, F., Puglia, D., Petrucci, R., Kenny, J.M., Torre, L. (2015). Processing of PLA nanocomposites with cellulose nanocrystals extracted from *Posidonia oceanica* waste: innovative reuse of coastal plant. *Ind Crops Prod*, 67, 439-447, doi: 10.1016/j.indcrop.2015.01.075.
- González-Montelongo, R., Lobo, M.G., González, M. (2010). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chem*, 119(3): 1030-1039, doi: 10.1016/j.foodchem.2009.08.012.
- Grigoriadi, K., Giannakas, A., Ladavos, A.K., Barkoula, N.M. (2015). Interplay between

- processing and performance in chitosan-based clay nanocomposite films. *Polym Bull*, 72(5), 1145-116, doi: 10.1007/s00289-015-1329-0.
- Günkaya, Z., Demirel, R., Banar, M. (2016). Portakal kabuğu atıklarından üretilen biyokompozit ambalaj filminin aflatoksinlere karşı etkisinin incelenmesi. *Pamukkale Univ Mub Bilim Derg*, 22(6), 513-519, doi: 10.5505/pajes.2016.92653.
- Harini, K., Mohan, C.C., Ramya, K., Karthikeyan, S., Sukumar, M. (2018). Effect of Punica granatum peel extracts on antimicrobial properties in Walnut shell cellulose reinforced Bio-thermoplastic starch films from cashew nut shells. *Carbohydr Polym*, 184(2018): 231-242, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.12.072.
- Hazer, B. (2011). Biyobozunur Plastik Ambalaj Malzemeleri Çerçeve Çalışması. <http://www.bioplasttr.net/BIOPLASTICS.pdf> (05.01.2011).
- Kanmaz, E.Ö., Saral, Ö. (2017). Portakal kabuğundan elde edilen kritik altı su ekstraksiyonlarında antioksidan aktivite değerleri ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki. *J Food*, 42(5), 485-493, doi: 10.15237/gida.GD17029.
- Keskin, B., Altay B., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O. (2018). Global Packaging Trends. 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu 01-03 Kasım, İstanbul Türkiye, 483-503.
- Koshy, R.R., Mary, S.K., Thomas, S., Pothan, L.A. (2015). Environment friendly green composites based on soy protein isolate-A review. *Food Hydrocoll*, 50, 174-192, doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.04.023.
- Kowalczyk, M., Piorkowska, E. (2012). Mechanisms of plastic deformation in biodegradable polylactide/poly (1, 4-cis-isoprene) blends. *J Appl Pol Sci*, 124(6): 4579-4589, doi: 10.1002/app.35489.
- Li, L., Zhao, C., Zhang, Y., Yao, J., Yang, W., Hu, Q., Cao, C. (2017). Effect of stable antimicrobial nano-silver packaging on inhibiting mildew and in storage of rice. *Food Chem*, 215, 477-482, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.08.013.
- Long, M., Wang, J., Zhuang, H., Zhang, Y., Wu, H., Zhang, J. (2014). Performance and mechanism of standard nano-TiO₂ (P-25) in photocatalytic disinfection of foodborne microorganisms-Salmonella typhimurium and Listeria monocytogenes. *Food Control*, 39:68-74, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.10.033.
- Maciel, V.B.V., Yoshida, C.M., Franco, T. (2015). Chitosan/pectin polyelectrolyte complex as a pH indicator. *Carbohydr Polym*, 132, 537-545, doi: 10.1016/j.carbpol.2015.06.047.
- Muller, J., González-Martínez, C., Chiralt, A. (2017). Combination of poly (lactic) acid and starch for biodegradable food packaging. *Mater*, 10(8), 952, doi: 10.3390/ma10080952.
- Muppalla, S.R., Kanatt, S.R., Chawla, S.P., Sharma, A. (2014). Carboxymethyl cellulose-polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. *Food Pack Shelf Life*, 2(2), 51-58, doi: 10.1016/j.fpsl.2014.07.002.
- Oliveira, T.Í.S., Rosa, M.F., Cavalcante, F.L., Pereira, P.H.F., Moates, G.K., Wellner, N., Azeredo, M. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chem*, 198, 113-118, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.080.
- Oliveira, T.Í.S., Rosa, M.F., Ridout, M.J., Cross, K., Brito, E.S., Silva, L.M., Azeredo, H.M. (2017). Bionanocomposite films based on polysaccharides from banana peels. *Int J Biol Macromol*, 101: 1-8, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.068.
- Oliveira, T.Í.S., Zea-Redondo, L., Moates, G.K., Wellner, N., Cross, K., Waldron, K.W., Azeredo, H.M. (2016). Pomegranate peel pectin films as affected by montmorillonite. *Food Chem*, 198: 107-112, doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.109.
- PAGÇEV (2017). Atık İstatistikleri. <http://www.pagev.org/atik-istatistikleri>
- PAGEV (2018). Türkiye Plastik Ambalaj Malzemeleri Sektör İzleme Raporu 3 Aylık, <https://www.pagev.org/upload/files/Hammadd e%20Yeni%20Tebli%C4%9F%20Bilg.%203/Pla>

- stik%20Ambalaj%20Malzemeleri%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202018%20Ocak%20-%20Mart.pdf (27.06.2018).
- Pereira, P.H.F., Oliveirai T.Í.S., Rosa, M.F., Cavalcante, F.L., Moates, G.K., Wellner, N., Azeredo, H.M. (2016). Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. *Int J Biol Macromol*, 88, 373-379, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.03.074.
- Pitak, N., Rakshit, S.K. (2011). Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan biodegradable and self sealing films used for preserving fresh-cut vegetables. *Food Sci Technol (LWT)*, 44(10): 2310-2315, doi: 10.1016/j.lwt.2011.05.024.
- Qin, Y., Zhang, S., Yu, J., Yang, J., Xiong, L., Sun, Q. (2016). Effects of chitin nano-whiskers on the antibacterial and physicochemical properties of maize starch films. *Carbohydr Polym*, 147, 372-378, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.03.095.
- Reesha, K.V., Panda, S.K., Bindu, J., Varghese, T.O. (2015). Development and characterization of an LDPE/chitosan composite antimicrobial film for chilled fish storage. *Int J Bio Macromol*, 79, 934-942, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2015.06.016.
- Rogols, S., Sirovatka, D.M., Widmaier, R.G. (2003). Composite food product comprising potato peel product. U.S. Patent No 6,524,639.
- Romero-Bastida, C.A., Tapia-Blácido, D.R., Méndez-Montecalvo, G., Bello-Pérez, L.A., Velázquez, G., Alvarez-Ramirez, J. (2016). Effect of amylose content and nanoclay incorporation order in physicochemical properties of starch/montmorillonite composites. *Carbohydr Polym*, 152, 351-360, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.07.009.
- Saklar Ayyıldız, S. (2008). Ambalaj ve Nanoteknoloji. <http://www.gidabilimi.com/tr/makaleler-1/1553-ambalaj-ve-nanoteknoloji> (06.01.2008).
- Sanuja, S., Agalya, A., Umopathy, M.J. (2015). Synthesis and characterization of zinc oxide-neem oil-chitosan bionanocomposite for food packaging application. *Int J Biol Macromol*, 74, 76-84, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.11.036.
- Sarsari, N.A., Pourmousa, S., Tajdini, A. (2016). Physical and Mechanical Properties of Walnut Shell Flour-Filled Thermoplastic Starch. *Compos BioResour*, 11(3), 6968-6983.
- Siripatrawan, U., Vitchayakitti, W. (2016). Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. *Food Hydrocoll*, 61, 695-702, doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.001.
- Sorrentino, A., Gorrasi, G., Vittoria, V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends Food Sci Technol*, 18(2): 84-95, doi: 10.1016/j.tifs.2006.09.004
- Staroszczyk, H., Malinowska-Pańczyk, E., Gottfried, K., Kolodziejska, I. (2017). Fish gelatin-nanoclay films. Part I: Effect of a kind of nanoclays and glycerol concentration on mechanical and water barrier properties of nanocomposites. *J Food Process Preser*, 41(5), e13211, doi: 10.1111/jfpp.13211.
- Tawakkal, I.S., Cran, M.J., Miltz, J., Bigger, S.W. (2014). A review of poly (lactic acid)-based materials for antimicrobial packaging. *Int J Food Sci Technol*, 79(8): R1477-R1490, doi: 10.1111/1750-3841.12534.
- Tencati, A., Pogutz, S., Moda, B., Brambilla, M., Cacia, C. (2016). Prevention policies addressing packaging and packaging waste: Some emerging trends. *Waste Manag*, 56: 35-45, doi: 10.1016/j.wasman.2016.06.025.
- Thakur, S., Chaudhary, J., Sharma, B., Verma, A., Tamulevicius, S., Thakur, V. K. (2018). Sustainability of bioplastics: Opportunities and challenges. *Curr Opin Green Sustain Chem*, 13, 68-75, doi: 10.1016/j.cogsc.2018.04.013.
- Trifol, J., Plackett, D., Sillard, C., Szabo, P., Bras, J., Daugaard, A.E. (2016). Hybrid poly (lactic acid)/nanocellulose/nanoclay composites with synergistically enhanced barrier properties and improved thermomechanical resistance. *Polym Int*, 65(8), 988-995, doi: 10.1002/pi.5154.
- TÜDAM (2018). Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu,

http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/0d4a5b926c005a6_ek.pdf (05.06.2018).

TÜİK (2016). Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkilerinin Üretim Miktarları, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1564 (16.03.2016).

Väisänen, T., Haapala, A., Lappalainen, R., Tomppo, L. (2016). Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review. *Waste Manag*, 54: 62-73, doi: 10.1016/j.wasman.2016.04.037.

Villarruel, S., Giannuzzi, L., Rivero, S., Pinotti, A. (2015). Changes induced by UV radiation in the presence of sodium benzoate in films formulated with polyvinyl alcohol and carboxymethyl cellulose. *Mater Sci Eng: C*, 56, 545-554, doi: 10.1016/j.msec.2015.07.003

Wang, H., Wang, L. (2017). Developing a bio-based packaging film from soya by-products

incorporated with valonea tannin. *J Clean Product*, 143, 624-633, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.064.

Wikiera, A., Mika, M., Starzyńska-Janiszewska, A., Stodolak, B. (2016). Endo-xylanase and endo-cellulase-assisted extraction of pectin from apple pomace. *Carbohydr Polym*, 142, 199-205, doi : 10.1016/j.carbpol.2016.01.063.

Yılmaz, M.T., Muslu, A., Karasu, S., Bozkurt, F., Dertli, E. (2017). Portakal Posasından Modifiye Pektin Eldesi ve Optimizasyonu, Kompozisyonel ve Yatışkan Faz Özelliklerinin Karakterizasyonu. *Tekirdağ Ziraat Fak Derg*, 14(2), 71-80.

Yuliana, M., Huynh, L.K., Hob, Q.P., Truong, C.T., Ju, Y.H. (2012). Defatted cashew nut shell starch as renewable polymeric material: isolation and characterization. *Carbohydr Polym*, 87: 2576–2581, doi: 10.1016/j.carbpol.2011.11.044.