

Meyve-sebze işleme atıklarından biyobozunur ambalaj materyali üretimi

Beyzanur YAZICI , Gulay OZKAN , Esra CAPANOGLU 

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul, Türkiye

Özet: Gıda israfı ve plastik ambalaj kullanımı günümüzün en önemli endişe kaynaklarından. Biyobozunur polimerlerden ambalaj üretimi petrol bazlı geleneksel plastiklerin sebep olduğu çevresel sorunlara potansiyel bir çözüm olarak görülmektedir. Son yıllarda plastik ambalajların kullanımının azaltılmasına yönelik duyarlılığın artmasıyla beraber, meyve ve sebze işleme atıklarının potansiyel ambalaj materyali olarak kullanılıp kullanılmayacağı konusundaki çalışmalar hızla artmıştır. Meyve ve sebze bazlı biyobozunur ambalaj malzemesi üretimi; ambalajların toksik olmaması, doğada kendiliğinden bozunabilmesi, petrol bazlı plastik ambalajların yerini alabilmesi potansiyeli sayesinde bilimsel araştırmalara konu olmuştur. Meyve ve sebze işleme atıklarından elde edilen filmlerin özelliklerinin plastik ambalajlar yerine kullanılabilir şekilde geliştirilmesiyle hem plastik tüketiminin getirdiği çevresel olumsuzluklar azaltılabilecek hem de meyve-sebze işleme yan ürünleri değerlendirilmiş olacaktır. Bu derleme makalede gıdaların ambalajlanmasında petrol bazlı plastiklerin kullanımı, geleneksel plastiklerin yerini alabileceği araştırılan biyoplastiklerin kaynakları, meyve-sebze işleme endüstrisinde ortaya çıkan yan ürünlerin biyobozunur filmler olarak değerlendirilmesi, elde edilen ambalajların özellikleri ve ambalaj olarak kullanıldığı gıdalar üzerindeki etkileri hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gıda atıkları, gıda ambalajlama, biyobozunur, plastik.

Production of biodegradable packaging material from fruit and vegetable processing waste

Abstract: Food waste and plastic usage are some of the most important concerns today. Packages that are produced from biodegradable polymers are seen a potential solution for environmental problems that occur from petroleum-based conventional plastics. In recent years, with the increasing sensitivity to reduce the usage of plastic packaging, studies on the potential of fruit and vegetable processing wastes to be used as packaging materials have increased rapidly. The production of fruit and vegetable-based biodegradable packaging materials has been the subject of scientific research thanks to its non-toxicity, self-degradation in nature, and its potential to replace petroleum-based plastic packaging. By improving the properties of films obtained from fruit and vegetable processing wastes, they can be used as alternative to plastic packaging. This would not only reduce the negative effects on environment associated with plastic consumption but also contribute to the utilization of by-products obtained from fruit and vegetable processing. In this review, studies on the use of petroleum-based plastics in the packaging of foods, the sources of bioplastics that are investigated to replace conventional plastics, the evaluation of by-products in the fruit-vegetable processing industry as biodegradable films, the properties of the obtained packaging material and their effects on the foods used as packaging material are mentioned.

Keywords: Food waste, food packaging, biodegradable, plastic.

Derleme

Yazışma yazarı: Esra CAPANOGLU E-mail: capanogl@itu.edu.tr

Referans: Yazıcı B., Ozkan, G., & Capanoglu, E. (2023). Meyve-sebze işleme atıklarından biyobozunur ambalaj materyali üretimi. *ITU Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 39-44.

Makale Gönderimi: 18 Temmuz 2023

Online Kabul: 17 Eylül 2023

Online Basım: 30 Eylül 2023

1. Giriş

Gıda endüstrisinde gıdaların korunması ve etiketlenmesi için plastik, kağıt, cam ve metal gibi farklı ambalaj materyalleri kullanılmaktadır. Bir gıda ürünü için ambalaj seçiminde dikkat edilmesi gereken en belirgin unsur gıda güvenliğidir. Gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için ambalaj seçiminde gıdanın fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınmalıdır. Ambalaj malzemesi mekanik olarak dayanıklı ve optimum buhar geçirgenliğine sahip olmalıdır. Gıdanın tedarik zinciri boyunca zarar görmeden ve kalitesinin korunarak markete ve tüketiciye ulaşabilmesi, böylelikle tüketiciye güvenli gıda sağlayarak gıda kaynaklı hastalıkların engellenmesi büyük önem taşımaktadır. Malzemenin maliyeti, sürdürülebilirliği, müşterinin beklentileri ve kolay bulunabilirliği de ambalaj materyali seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer hususlardandır. Son yıllarda sürdürülebilir kaynaklardan üretilen çevre dostu ambalajlara duyulan ilginin artmasıyla birlikte biyobozunur ambalaj üretimi konusunda yapılan çalışmalar artmıştır. Petrol bazlı geleneksel plastikler yerine biyolojik olarak parçalanabilen ambalaj malzemelerinin kullanılması, plastik ambalajların kullanımı sonucu oluşan çevre kirliliğinin azaltılması için önemli bir adım olarak görülmektedir. Biyobozunur ambalajlar sayesinde ömrünü tamamlayan ambalajların, çevreye zarar vermeden kendiliğinden doğada çözünerek ortadan kaybolacağı öngörülmektedir. Meyve ve sebze işleme atıkları, yapısında bulundukları polisakkaritler sebebiyle biyobozunur ambalajların üretiminde kullanılabilir potansiyel malzemelerdir (Hanani ve diğ., 2014).

Ambalaj sektöründe en çok kullanılan beş malzeme kağıt, plastik, metal, cam ve ahşaptır. Petrol ya da petrol türevlerinden üretilen plastikler düşük maliyet, dayanıklılık, hafiflik, geri dönüştürülebilirlik, kolay şekil alabilme, gaz ve su bariyeri özellikleri ve yeniden kullanılabilirliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Agarwal ve diğ., 2023).

Plastik çeşitleri arasında gıda ambalaj materyali olarak en yaygın kullanılanları; ucuz, kolay işlenebilir ve nem bariyerinin güçlü olması nedeniyle polietilen (PE) ve polipropilen (PP)'dir. Yüksek ısı direnci ve mekanik mukavemete sahip olan, iyi bir gaz ve nem bariyeri olan polietilen tereftalat (PET) da gıda ambalajlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Hong ve diğ., 2021). Tüm bu avantajlarına karşın plastiklerin biyolojik olarak parçalanması çok uzun yıllar sürmekte, birçoğu ise parçalanmamaktadır.

Plastik atıklarının artışı ve son yıllarda insanların plastik atıklar konusunda bilinçlenmesiyle birlikte plastik ambalaj kullanımı azalmıştır. Ayrıca firmaların sürdürülebilirlik kapsamında başlattığı projeler ve biyobozunur ambalaj üretimi konusundaki çalışmalar artmıştır. Son yıllarda artan petrol fiyatları ve aşırı plastik kullanımına bağlı ortaya çıkan plastik atıkların çevresel etkileri sebebiyle biyobazlı plastik üretimi hızla gelişmektedir. Karbondioksit emisyonları ve dünya çapındaki ekonomik sıkıntıları azaltmak adına biyobazlı plastik üretimi teşviki de artmıştır (Moshood ve diğ., 2022).

Biyobozunur terimi, ürünün ömrü son erdiğinde yapılmış olduğu materyalin doğal olarak biyolojik şekilde bozunabileceğini ifade etmektedir. Biyobozunur malzemeler doğal yenilenebilir kaynaklardan ya da fosil bazlı olabilmektedir. Biyobozunur ambalajlar mantar, bakteri ve maya gibi mikroorganizmalar tarafından doğada bulunan birincil elementlere parçalanabilen ve çevreye zararlı bir etkisi bulunmayan, CO₂ emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunan ambalajlardır (Narancic ve diğ., 2020).

Bu çalışma kapsamında; gıdaların ambalajlanmasında petrol bazlı plastiklerin kullanımı, geleneksel plastiklerin yerini alabileceği araştırılan biyoplastik kaynakları, meyve-sebze

işleme endüstrisinde ortaya çıkan yan ürünlerin biyobozunur filmler olarak değerlendirilmesi, elde edilen ambalajların özellikleri ve ambalaj olarak kullanıldığı gıdalar üzerindeki etkileri hakkında yapılan çalışmaların derlenmesi amaçlanmıştır.

2. Gıda Sektöründe Meyve ve Sebze İşleme Atıkları

Meyve ve sebze işleme sektörü gıda endüstrisinde önemli miktarda kayba sahip ve en çok atık üreten sektörlerden biridir. Avrupa Birliğinde yıllık gıda atığı 100 milyon ton civarındadır ve bunun yaklaşık %30'luk kısmı tarımsal gıda tedarik zincirinden kaynaklanmaktadır. Dünya nüfusunun artmasıyla bağlantılı olarak hızla artan gıda talebi doğrultusunda yıllık gıda atığı miktarının 2050 yılına kadar 200 milyon tonun üzerine çıkabileceği tahmin edilmektedir (Gustavsson ve diğ., 2013; Scialabba, 2013).

Meyve işleme atıkları; turuncgillerin kabuk ve tohum kısımları, elma ve armutta kabuk ve posa, mango ve guavada tohum ve kabuk kısımları, konserve vb. fabrikalarından fazla olgun ve lekeli meyveler olarak örneklendirilebilir. Sebze işleme atıkları ise genellikle sebzelerin konservelenmesi ve dondurularak işlenmesi sırasında ortaya çıkan kabuk kısımlarından oluşmaktadır. Meyve suyunun işlenmesi sırasında oluşan kabuk, çekirdek, sap gibi kısımlardan oluşan katı atıklar prina olarak adlandırılmaktadır. Farklı meyvelerden elde edilen prina miktarı kütlece %20 ile %50 arasında değişmektedir. Son yıllarda sürdürülebilir tarımsal üretime ve tarımsal atıkların yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesine yönelimin artmasıyla gıda işleme atıklarından doğal biyopolimerlerin eldesi ve ambalaj malzemesi olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar da artmıştır. Öte yandan, biyolojik olarak parçalanabilen filmler, sürdürülebilir ambalajlama ve raf ömrünün artırılması için iyi bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, meyve ve sebze işleme atıklarının, üretim maliyetini ve çevresel etkiyi azaltmak ve gıda işleme atıklarına değer katmak amacıyla biyobozunur filmlerde kullanımı oldukça önemli bir alternatif sunmaktadır (Ersus ve diğ., 2020).

Yıllık meyve ve sebze atığı oranı yumru kökler, baklagiller ve meyveler için %40-50; tahıllar için %30 ve yağlı meyveler için %20 civarındadır. Bu kayıpların büyük çoğunluğu meyve ve sebzelerin işleme ve hasat sonrası proseslerinden kaynaklanmaktadır. Meyve işleme atıklarının büyük bir kısmını yaklaşık %70 ile meyve suyu işleme ve geri kalan kısmını meyve salataları ve vakumlanmış-dilimlenmiş taze sebzeler oluşturmaktadır. Meyve suyu üretiminde yüksek miktarda meyve kullanılması sebebiyle toplam meyve-sebze atığının %80'inden fazlasını meyve atıkları oluşturmaktadır (de Brito Nogueira ve diğ., 2020). Şarap üretiminde %20-30, meyve suyu üretiminde %30-50, bitkisel yağ üretiminde %40-70 ve şeker pancarından şeker üretiminde %85 atık ve yan ürün oluşmaktadır (Omre ve Shikhanji, 2018).

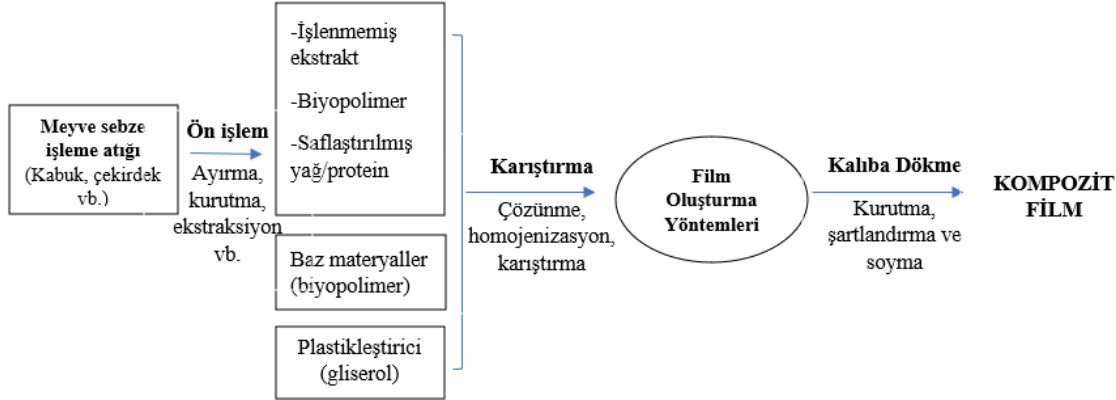
3. Meyve ve Sebze İşleme Atıklarından Biyobozunur Ambalaj Filmi Üretimi

Meyve ve sebze atıklarından biyobozunur ambalaj filmi üretimi konusunda yapılan çalışmalar kabuklarında yüksek miktarda nişasta ve selüloz bulunduran meyve ve sebzeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmaların en yoğun olduğu yan ürünler; portakal, mango, nar, muz ve patates olduğundan bu bölümde bu meyve ve sebzeler ele alınacaktır. Farklı çalışmalarda ambalaj materyali olarak kullanılan atık kaynağı, ambalaj materyalinin kullanıldığı gıda ürünü ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Meyve ve sebze bazlı ambalaj filmi üretimiyle ilgili çalışmalar genelde laboratuvar ölçeğinde yapılmıştır. Meyve ve sebze işleme

atıklarının kullanılmasıyla elde edilen biyobozunur filmin üretim aşamaları Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Meyve-sebze işleme atıklarından elde edilen ambalajların gıda ürünlerinde kullanılması ve elde edilen sonuçlar.
Table 1. The usage of packaging materials obtained from fruit and vegetable processing waste in food products and the results.

Ambalaj materyali olarak kullanılan atık kaynağı	Ambalaj materyalinin uygulandığı gıda ürünü	Elde edilen sonuç	Kaynak
Portakal kabuğu	Kuru üzüm	Ticari streç filmlere göre oksijen bariyeri yüksek, su buharı bariyeri düşüktür. İki hafta sonunda toprakta %78-99,96 bozunma oranına sahiptir.	Günkaya ve diğ., 2016.
Patates kabuğu ve limon kabuğu	Ekmek	Nem kabı ve su buharı geçirgenliği ve ürünün sertliğinde azalma; <i>E. coli</i> ’ye karşı antimikrobiyal etki gözlemlenmiştir.	Borah ve diğ., 2016
Elma posası	Ispanak	Yeşil renk, askorbik asit ve klorofil miktarında azalma gözlemlenmiştir. MAP ile ambalajlanan kontrol grubuna göre duyuasal açıdan kabul edilebilirliği yüksek ve mikrobiyal olarak 17 gün tüketime uygun olduğu belirlenmiştir.	Yalçın Melikoğlu, 2020.
Zencefil posası	Kıyma	Duyusal özelliklerini etkilemediği, <i>E. coli</i> ’ye karşı antibakteriyel etki gösterdiği ve oksijen bariyerinin iyi olduğu sonucuna varılmıştır.	Rahmasari, 2021.
Zeytin posası	Ceviz	31 gün boyunca kuruyemişlerin oksidasyonuna karşı koruyucu etki göstermiştir.	de Moraes Crizel ve diğ., 2018
Mango kabuğu	Tavuk kıyması	Tavuk kıymasının raf ömrünün 10 gün uzadığı gözlemlenmiştir.	Kanatt ve Chawla, 2018
Muz kabuğu	Mango	Hasat sonrası olgunlaşmayı geciktirebildiği ve depolama süresini arttırdığı belirlenmiştir. Dört haftanın sonunda toprakta bıraktığı kalıntı oranının ise %7 olduğu sonucuna varılmıştır.	Ai ve diğ., 2021



Şekil 1. Laboratuvar ölçeğinde meyve-sebze işleme atığı ile biyobozunur film elde etmek için kullanılan geleneksel yöntem (Zhang ve Sablani, 2021).

Figure 1. Conventional method for obtaining biodegradable films from fruit and vegetable processing wastes at laboratory scale (Zhang and Sablani, 2021).

3.1 Portakal Kabuğundan Ambalaj Filmi Eldesi

Portakal kabuklarının bir kısmı son yıllarda çikolata sektöründe kullanılmaya başlansa da içerikçe zengin olan bu atıkların katma değerli ürünlere dönüştürülmesi için biyoplastik üretiminde kullanılabilirliği önem kazanmış ve bu konudaki çalışmalar artmıştır. Portakal kabuğu yüksek nişasta ve pektin içeriğine sahip olduğundan biyoplastik üretiminde ve mukavemeti güçlendirmede potansiyel bir kaynak olarak görülmektedir.

Portakal kabuklarından biyobazlı ambalaj malzemesi eldesinin araştırıldığı bir çalışmada 15°C’de depolanan portakal kabukları ezilerek parçalanmış ve nemini düşürmek amacıyla 120°C sıcaklıkta 10 dakika boyunca ısı işlem uygulanmıştır. Daha sonra 25 gram toz numuneye 3 ml 0,1 N

HCl ve 1,8-2 ml gliserol ilavesi yapılmıştır. Hazırlanan homojen karışım kalıplara dökülmüş, bir kısmı ise cam levha üzerine dökülerek 48 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda numune cam levhadan ve kalıplardan soyulmuş ve 0,2 mm kalınlığında filmler elde edilmiştir. Portakal kabuğu pektin ve selüloz içeriği yüksek mukavemetli bir film oluşturmuş, ayrıca yağ içeriği ve sonradan eklenen gliserol sayesinde bağlayıcı gücü de artmıştır. Elde edilen filmin sert ve kırılğan bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir (Yaradoddi ve diğ., 2022). Bu nedenle ticari uygulamalarda ve sürdürülebilir ambalajlarda kullanımı için esneklikle ilgili iyileştirme yapılması gerekmektedir. Üretilen filmin ambalaj materyali olarak kullanılması için hidrofobikliği ve ambalajı olduğu ürünü yumuşatmadan sıvı tutma kapasitesi de oldukça önemlidir. Portakal kabuğundan elde edilen filmlerin anaerobik koşullarda yaklaşık 15 günde %90 oranında bozunduğu, bu sayede kısa ömürlü bir ambalaj

malzemesi olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (Batori ve diğ., 2017). Ancak higroskopik özellik gibi ambalaj kalitesini etkileyen diğer özelliklerin istenilen derecede elde edilebilmesi için karakterizasyon ve iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

3.2. Mango Kabuğundan Ambalaj Filmi Eldesi

Mango kabuğu %10-12 pektin içeriğine ve güçlü antioksidan özelliğe sahiptir. Mango meyvesinin gelişimi göz önüne alındığında, toplam fenolik içeriğinin kabukta posaya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Puligundla ve diğ., 2014).

Mango kabuğunun antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi sayesinde mango kabuğu kaynaklı ambalaj filminin tavuk kıymasının raf ömrüne etkisinin incelendiği bir çalışmada; Langra mango kabuğu ekstresi ile kombine edilmiş PVA-siklodoktrin-jelatinden oluşan kompozit filmle ambalajlanan tavuk kıymasının raf ömrünün 10 gün uzadığı sonucuna varılmıştır (Kanatt ve Chawla, 2018). Mango kabuğu ekstresi içermeyen filmlerle ambalajlanan tavuk kıyması üç gün içinde bozulurken, bu teknikle üretilen filmlerin kullanılması tavuk kıymasının raf ömrünü 12 günün üzerine çıkarmıştır.

3.3 Muz Kabuğundan Ambalaj Filmi Eldesi

Muz %60 meyve ve %40 kabuk içermektedir. Muz kabuğu; selüloz (%7,6-9,6), hemiselüloz (%6-9,4), pektin (%10-21) ve lignin (%6-12) gibi organik bileşiklerce zengindir (Alzate ve diğ., 2021). Muz kabuğunun içerdiği nişasta %18,5 ile yüksek bir orandır, bu sebeple film üretiminde potansiyel bir içerik olarak görülebilmektedir.

Yüksek selüloz içeriğine sahip atık muz kabukları ve saplarında bulunan selülozun biyobozunur ambalaj materyali olarak değerlendirilebilmesi için, muz atıklarından selüloz bazlı film üretimi konusunda çalışmalar mevcuttur. Muz sapının liflerinden sentezlenen selüloz filmlerin mangonun muhafaza edilmesinde kullanımının incelendiği bir çalışmada, selüloz filmin geliştirilmiş geçirgenliği sayesinde klimakterik meyvelerde hasat sonrası olgunlaşmayı geciktirebildiği ve depolama süresini arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen selüloz filmin dört haftalık sürenin sonunda toprakta bıraktığı kalıntı oranının %7 olduğu, selüloz filmin yüksek biyobozunurluğu sayesinde mango gibi klimakterik meyveleri taze tutabilmek için kullanılabilen potansiyel bir ambalaj filmi olduğu sonucuna varılmıştır (Ai ve diğ., 2021). Bu sayede insanların tüketimine uygun olmayan ve atık oluşturan muz kabukları çevre dostu bir şekilde kullanılmış, ayrıca ürünlerin raf ömrüne katkı sağlamış olacaktır.

3.4 Nar Kabuğundan Ambalaj Filmi Eldesi

Nar kabuğu, zengin bir biyoaktif bileşen kaynağı olan değerli bir yan üründür. Nar kabuğu elajik asit, ellagitanninler, lignin, kateşin, epikateşin ve rutin gibi fenolik bileşikler içermektedir. Fenolik bileşenlerin yanı sıra %16-22 selüloz ve %6,8-10,1 pektin içermektedir (Ali ve diğ., 2019).

Meyve-sebze atıklarının içeriğinde bulunan nişasta ve selüloz gibi maddelerin ekstrakte edilmesi ve film oluşturmada kullanımının yanı sıra, ekstraktın biyobazlı aktif ambalajlara ilavesi ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Krem peynirlerin raf ömrünü takip etmek amacıyla yapılan bir çalışmada kitosan, nar kabuğu ekstresi ve *Melissa officinalis* özlerinden oluşan antibakteriyel ve biyobozunur bir film oluşturulmuştur. Narın antimikrobiyal ve antioksidan özelliği; *Melissa officinalis*'in antibakteriyel ve antifungal etkisi; kitosanın antimikrobiyal aktivitesinin birleştirilmesiyle elde

edilen biyobozunur filmin peynir gibi kolayca bozulabilen bir ürünün bozulmasının takibinde kullanımı amaçlanmıştır. Elde edilen filmin antosiyanin pigmenti içerdiği göz önünde bulundurularak, nar kabuğu ekstraktının pH değişikliklerine karşı hassasiyeti sayesinde pH değişikliklerinin kontrol edilebileceği rapor edilmiştir (Pirsa ve diğ., 2020).

Nişasta bazlı filmlerin mekanik özelliklerinin geleneksel plastiklere kıyasla düşük olduğu bilindiğinden, bu özelliklerini iyileştirmek için dolgu maddesi olarak nar kabuğu kullanımına dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, geliştirilen nişasta bazlı filmde fonksiyonel dolgu maddesi olarak nar kabuğu kullanılmış ve film üzerindeki mekanik, termal ve antibakteriyel etkileri incelenmiştir. Geliştirilen filmlerin *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella*'ya karşı antibakteriyel özellik gösterdiği, nar kabuğu tozunun miktarının artmasıyla hedef mikroorganizmanın inhibisyon bölgesinin de arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, filmlere nar kabuğu tozu ilavesinin filmlerin mekanik dayanıklılığını arttırdığı gözlemlenmiştir (Ali ve diğ., 2019). Nar kabuğunun *Salmonella* ve *S. aureus*'a karşı gösterdiği antibakteriyel ve antimikrobiyal etkiden yararlanmak için tavuk ve diğer et ürünlerinin ambalajlanmasında nar kabuğu ekstraktı kullanımıyla, mikrobiyal dayanıklılık artırılarak ürünün raf ömrünün uzaması sağlanabilecektir. Yapılan çalışmada, biyobozunur filmlerin mekanik ve antimikrobiyal özelliklerini güçlendirmek amacıyla nar kabuklarının kullanımının güçlü bir potansiyel yöntem olduğunu göstermektedir.

3.5 Patates Kabuğundan Ambalaj Filmi Eldesi

Son yıllarda artan sürdürülebilir ambalaj materyali arayışı ve patates kabuğunun yüksek miktarda nişasta (%7,8), diğer polisakaritler (%8,7-12,4), lignin ve fenolik madde (%1,02-2,92) içeriği sayesinde; bu atıkta bulunan antioksidanlar ve biyopolimerlerin ekstraksiyonu ile biyobozunur ambalaj filmlerinin geliştirilmesinde kullanılacak değerli bir materyal olabileceği fikrini beraberinde getirmiştir (Sepelev ve Galoburda, 2015; Javed ve diğ., 2019). Patates kabuğunda bulunan nişastadan elde edilen filmler konusunda çalışmalar olduğu gibi, içeriğindeki fenolik bileşenlerin özütlenmesi ve başka biyobozunur filmlere ilavesiyle antioksidan etkisinden yararlanılması yönünde çalışmalar da mevcuttur.

Patates kabuğundan elde edilen nişasta bazlı biyobozunur filmin su çekme ve biyobozunurluğunun incelendiği bir çalışmada, patates kabuğundan üretilen filmin mekanik özelliklerinin, hidrostatik basıncının ve elastikiyetinin endüstriyel alanlarda kullanılacak durumda olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada, patates kabuğu bazlı filmin toprakta 28 gün içerisinde tamamen bozulduğu gözlemlenmiştir (Arıkan ve Bilgen, 2019).

Nişasta bazlı filmlere patates kabuklarından elde edilen fenolik bileşenlerin (%0,5) ilave edilmesiyle filmlerin elastikiyetinin ve hidrofobik özelliğinin arttığı, ayrıca antioksidan aktivitesinin %48'e yükseldiği sonucuna varılmıştır. Geliştirilen nişasta/fenolik bazlı filmlerin tütsülenmiş balık filetoalarının ambalajlanmasında kullanımıyla, filetoaların altın renginde iyileşme ve ticari plastiklerle ambalajlanmış filetoalarla kıyaslandığında daha düşük seviyelerde sulanma ve yumuşama gözlemlenmiştir (Lopes ve diğ., 2021). Bu çalışma, patates kabuğundan özütlenen fenoliklerin nişasta bazlı filmlerle kombine edilmesiyle üretilen nişasta/fenolik bazlı filmlerin gıdaların ambalajlanmasında kullanılacak bir materyal olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Petrol bazlı ambalajlar, oluşturduğu atıkların doğada sera etkisine sebep olan gazlar üretmesi ve toprakta çözünmesinin yüz yıldan uzun sürmesi sebebiyle çevre kirliliği açısından büyük bir risk teşkil etmektedir. Petrol bazlı ambalajların geri dönüşümünün yetersizliği ve büyük miktarlardaki meyve-sebze işleme atıklarına çözüm olarak görülen biyobozunur ambalajların; meyve ve sebze işleme atıklarını azaltacağı ve gıda ambalajlarının çevrede biyolojik olarak parçalanmasını sağlayarak ambalaj atıklarının çevreye olan zararını minimuma indireceği düşünülmektedir. Önemli avantajlarının yanında, yüksek maliyeti ve geleneksel olarak kullanılan petrol türevli plastiklere göre geliştirilmesi gereken mekanik, termal ve kimyasal özellikleri sebebiyle meyve ve sebze işleme atıklarından biyobozunur film üretiminde halen pilot ölçekli denemeler ve geliştirmeler devam etmektedir. Yapılan çalışmaların genellikle ürün bazında olması ve henüz standardize edilmiş olmaması, ayrıca geliştirilmesi gereken mekanik ve bariyer özellikleri gibi sebeplerle; meyve ve sebze atıklarından elde edilen ambalaj filmlerinin plastik ambalajların yerini alabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Plastik kullanımının giderek azalması ve çalışmaların ilerlemesiyle, yakın gelecekte ambalaj endüstrisinde meyve ve sebze atığı bazlı biyobozunur ambalajların kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.

5. Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

6. Kaynaklar

Ai, B., Zheng, L., Li, W., Zheng, X., Yang, Y., Xiao, D., & Sheng, Z. (2021). Biodegradable cellulose film prepared from banana pseudo-stem using an ionic liquid for mango preservation. *Frontiers in Plant Science*, 12, 234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.625878>

Agarwal, A., Shaida, B., Rastogi, M., & Singh, N. B. (2023). Food packaging materials with special reference to biopolymers-properties and applications. *Chemistry Africa*, 6(1), 117-144.

Ali, A., Chen, Y., Liu, H., Yu, L., Baloch, Z., Khalid, S., & Chen, L. (2019). Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129, 1120-1126. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.068>

Alzate, A. S., Díaz Carrillo, Á. J., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of banana waste-loss from production and processing: a contribution to a circular economy. *Molecules*, 26(17), 5282. <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>

Anonim. (2020). Coca-Cola Türkiye BitkiŞişeTM. Erişim adresi: <https://www.coca-colaturkiye.com/surdurulebilirlik/bitkisise/>

Ankan, E. B., & Bilgen, H. D. (2019). Production of bioplastic from potato peel waste and investigation of its biodegradability. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 3(2), 93-97. <https://doi.org/10.35860/iaej.420633>

Batori, 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. *International Journal of Polymer Science*. <https://doi.org/10.1155/2017/9732329>

Borah, P. P., Das, P., & Badwaik, L. S. (2017). Ultrasound treated potato peel and sweet lime pomace based biopolymer film development. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.11.010>

de Brito Nogueira, T. B., da Silva, T. P. M., de Araújo Luiz, D., de Andrade, C. J., de Andrade, L. M., Ferreira, M. S. L., & Fai, A. E. C. (2020). Fruits and vegetable-processing waste: a case study in two markets at Rio de Janeiro, RJ, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18530-18540. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08244-y>

de Moraes Crizel, T., de Oliveira Rios, A., Alves, V. D., Bandarra, N., Moldão-Martins, M., & Flóres, S. H. (2018). Active food packaging prepared with chitosan and olive pomace. *Food Hydrocolloids*, 74, 139-150. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.007>

Ersus, S., Melikoğlu, A. Y., & Cesur, S. (2020). Production of biocomposite packaging materials from fruit juice processing wastes. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1), 250-259. <https://doi.org/10.21597/jist.528965>

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2013). Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. In: Interpack 2011 Düsseldorf: FAO.

Günkaya, Z., Demirel, R., & Banar, M. (2016). Portakal kabuğu atıklarından üretilen biyokompozit ambalaj filminin aflatoksinlere karşı etkisinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 513-519. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.92653>

Hanani, Z. N., Roos, Y. H., & Kerry, J. P. (2014). Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 71, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.027>

Hong, L. G., Yuhana, N. Y., & Zawawi, E. Z. E. (2021). Review of bioplastics as food packaging materials. *AIMS Materials Science*, 8(2), 166-184. <https://doi.org/10.3934/matserci.2021012>

Javed, A., Ahmad, A., Tahir, A., Shabbir, U., Nouman, M., & Hameed, A. (2019). Potato peel waste-its nutraceutical, industrial and biotechnological applications. *AIMS Agriculture and Food*, 4(3), 807-823. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.3.807>

Kanatt, S. R., & Chawla, S. P. (2018). Shelf life extension of chicken packed in active film developed with mango peel extract. *Journal of Food Safety*, 38(1), e12385. <https://doi.org/10.1111/jfs.12385>

Lopes, J., Gonçalves, I., Nunes, C., Teixeira, B., Mendes, R., Ferreira, P., & Coimbra, M. A. (2021). Potato peel phenolics as additives for developing active starch-based films with potential to pack smoked fish fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100644. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100644>

Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. (2022). Biodegradable plastic applications towards sustainability: A recent innovations in the green product. *Cleaner Engineering and Technology*, 6, 100404.

Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O'Connor, K. E. (2020). Recent advances in bioplastics: application and biodegradation. *Polymers*, 12(4), 920. <https://doi.org/10.3390/polym12040920>

Omre, P. K., & Shikhangi Singh, S. (2018). Waste utilization of fruits and vegetables-A review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*, 4(1), 605-615. <https://doi.org/10.46370/sajfte.2018.v04i01.02>

Petersen, K., Nielsen, P. V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H., & Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2), 52-68. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00019-9)

Pirsa, S., Karimi Sani, I., Pirouzifard, M. K., & Erfani, A. (2020). Smart film based on chitosan/*Melissa officinalis* essences/pomegranate peel extract to detect cream cheeses spoilage. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(4), 634-648. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1716079>

Puligundla, P., Obulam, V. S. R., Oh, S. E., & Mok, C. (2014). Biotechnological potentialities and valorization of mango peel waste: A review. *Sains Malaysiana*, 43, 1901-1906. <https://doi.org/10.17576/jsm-2014-4312-12>

Rahmasari, Y. (2021). *Ultrasas işlemi uygulanarak hindistan cevizi kabuğu sıvı tütsüsü içeren zencefil nişastası bazlı yenilebilir filmlerin üretimi ve karakterizasyonu*. [Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi].

Scialabba, N. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources summary report. FAO; Food and Agricultural organization of the United Nations.

Sepelev, I., & Galoburda, R. (2015). Industrial potato peel waste application in food production: a review. *Research for Rural Development*, 1, 130-136.

Yalçın Melikoğlu, A. (2020). *Elma posasında selüloz ve nanoselüloz takviye ajanlarının üretimi ve alçak yoğunluk polietilen esaslı biyobozunur gıda ambalaj malzemelerinin geliştirilmesinde kullanımı*. [Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Sajjan, A. M., Kamat, S., & Ali, M. A. (2022). Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 17, 3186-3197. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.016>

Zhang, H., & Sablani, S. (2021). Biodegradable packaging reinforced with plant-based food waste and by-products. *Current Opinion in Food Science*, 42, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.05.003>