



Orijinal Makale / Original Article

Bitkisel atıkların biyoplastiklere dönüşümü: Tasarım ve sanat çalışmaları için çevre dostu bir alternatif

Transforming vegetable wastes into bioplastics: An environmentally friendly alternative for design and artworks

Özge ÖZEN^{*1}, Özlenen ERDEM İŞMAL²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anasanat Dalı, İzmir, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, İzmir, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale hakkında

Geliş tarihi: 07 Mart 2022

Kabul tarihi: 08 Haziran 2022

Anahtar kelimeler:

Atık, biyoatık, biyokompozit, biyomateryal, biyoplastik, biyopolimer, tasarım, yenilenebilir.

ARTICLE INFO

Article history

Received: 07 March 2022

Accepted: 08 June 2022

Key words:

Waste, biowaste, biocomposite, biomaterial, bioplastics, biopolymer, design, renewable.

ÖZ

Bu deneysel çalışmada sürdürülebilir çevre dostu bir yaklaşımla, bitkisel atıkları kullanarak biyoplastik yapılar elde edilmiştir. Ağırlıklı olarak kaynakçada az rastlanan bitkisel atıklar farklı şekillerde kullanılarak elde edilen yapıların özellikleri incelenmiştir. Bademin dış yeşil kabuğu, prina, soğan kabuğu (mor ve sarı), limon kabuğu ve posası, muz kabuğu (posası ve lif takviyeli), mandalina kabuğu (posası ve lif takviyeli), nar kabuğu (posası ve lif takviyeli), portakal kabuğu (posası ve suyu), karpuz kabuğu, turp kabuğu, salatalık kabuğu, domates kabuğu, marul, pancar sapı, mor lahana, avokado çekirdeği, enginar yaprakları gibi doğal atık malzemeler kullanılarak değişik renk, tutum, görünüm ve dokulara sahip yüzeyler elde edilmiştir. Çeşitli formlar verilebilen bu yapıların tekstil ve moda tasarımının yanı sıra farklı ürünlerin tasarımında ve bazı sanatsal çalışmalarda özgün, yaratıcı ve yenilikçi bir şekilde kullanılabilme potansiyeli olduğu gözlemlenmiştir.

ABSTRACT

In this experimental study, bioplastic structures were obtained using vegetable wastes with a sustainable eco-friendly approach. The properties of the structures obtained in different ways using vegetable wastes, which rarely exist in the literature, were examined. Surfaces with different colours, handle, appearances and textures were generated using natural wastes such as almond husk, olive pomace, onion (purple & yellow) skin, lemon pulp and peel, banana peel (pulp and fiber reinforced), tangerine peel (pulp and fiber reinforced), pomegranate peel (pulp and fiber reinforced), orange peel (pulp and juice), watermelon peel, radish peel, cucumber peel, tomato peel, lettuce, beetroot stalks, purple cabbage, avocado seed, artichoke leaves. It has been observed that these structures, which are obtained in various forms, have potential to design of different products and some artworks besides textile and fashion design in a unique, creative and innovative way.

Cite this article as: Özen, Ö., & Erdem İşmal, Ö. (2022). Transforming vegetable wastes into bioplastics: An environmentally friendly alternative for design and artworks. *Yıldız J Art Desg*, 9(1), 1–21.

*Sorumlu yazar / Corresponding author

*E-mail address: ozgeozen3535@gmail.com

Bu çalışma yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir.



Published by Yıldız Technical University Press, İstanbul, Türkiye

This is an open access article under the CC BY-NC license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

GİRİŞ

Tek kullanımlık plastiklerin neden olduğu çevre kirliliğinin endişe verici boyutlara ulaşmasıyla birlikte, düşük maliyetli sürdürülebilir alternatifler geliştirme arayışları zorunlu hale gelmiştir. Yenilenebilir hammaddelerden yapılan biyoplastik malzemeler de bu yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Günümüzde insanlar, aşırı tüketim ve sürdürülebilir olmayan tutumların sonuçlarının yakın geleceğimizi ne derece kötü etkileyeceğinin farkına varmış ve bilinçli yaklaşımlar sergilemeye başlamıştır. İnsanlık ve dolayısıyla tasarımcılar, bir nesnenin üretilmeden önce sonraki yaşamını da dikkate almak zorunda kalmıştır. Sürdürülebilir hammaddeye güvenme, fosil kaynaklara daha az bağımlı olma ve karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacına dayanarak, geleneksel petrol bazlı plastiklerin yerine geçen biyomalzemeler ve biyoplastikler birçok malzeme bilimcisinin, mimarın ve endüstriyel ürün tasarımcısının odak noktası haline gelmiştir (Özdamar ve Ateş, 2018, s. 250). “Biyolojik olarak parçalanabilir polimerler veya biyoplastikler, çevresel sorunlara yol açan geleneksel plastiklere göre daha çevre dostudur” (Siagian & Tarigan, 2016, s. 1).

Gelecek vaat eden bir başka gelişme olarak, benzersiz fiziksel performans ve estetik niteliklerle daha sürdürülebilir plastikler yapmak artık mümkün olmakla birlikte, bu malzemelerin yalnızca çevre için daha uygun ve fiyat açısından rekabetçi olduğu değil, aynı zamanda performans açısından da mükemmel olduğu anlamına gelmektedir (<https://www.greendotbioplastics.com/bioplastics-101-introduction-key-terms-sustainable-plastics/>).

Yeni malzemeler, süreçler ve teknikler genellikle moda ve teknolojinin başarılı bir şekilde birleşmesinin sonucudur ve endüstrinin daha sürdürülebilir bir geleceğe yönlendirilmesine yardımcı olur. Moda ve tekstil endüstrisindeki teknolojik gelişmeler şüphesiz sürdürülebilirlik açısından gerçek değişimi yönlendiren anahtar faktörlerden biridir.

Sürdürülebilirlik ile ilgili konular, öngörülemez tasarım ve algılama, daha yeşil ve sürdürülebilir bir gelecek için “yeni” malzemelerin aranması biyoplastik üretimin başlıca özüdür. Fosil bazlı plastiklerin depolama ve yakma yoluyla olumsuz karbon ayak izi ve uzun vadeli çevresel etkileri ile ilgili olarak, böyle bir malzemenin araştırılması, disiplinlerarası işbirliği ile birlikte daha derin bir malzeme deneyimi ortaya çıkarmaktadır (Özdamar ve Ateş, 2018, s. 250).

Günümüzde biyoplastik uygulamaların önemli nedenlerinden biri de, işlevselliği ve biyokütle kullanılabilirliğidir. Giysi, ayakkabılar, spor çantaları ve ekipmanları gibi tekstil ürünleri için malzeme olarak biyoplastikler kullanılabilirliği üzere, bazı tıbbi cihazlar ve otomotiv parçaları için de kullanılmaktadır (Grancarić vd., 2013, s. 12–13).

Biyoplastik malzemelerin üretiminde gerek duyulan hammaddelerin büyük bir kısmı, gıda endüstrisinin atık ve yan ürünlerinde bol miktarda bulunmaktadır. Bu atıklar ucuz, bol miktarlarda ve yenilenebilir kaynaklardan biri

olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla, biyoplastik üretimindeki rolleri, sürdürülebilirliği ve kar sağlamayı teşvik eden döngüsel bir ekonominin gelişimi için hayati önem taşımaktadır (Alonso-González, vd., 2021, s. 1435).

Bu deneysel çalışmada, son yıllarda büyük önem kazanan çevre dostu, sürdürülebilir ve yenilenebilir hammaddeler olarak çeşitli doğal atık maddelerle ve lif takviyesiyle alternatif yenilikçi bir malzeme olarak biyoplastikler oluşturulmuştur. Elde edilen biyoplastik yüzeylerin çeşitli ürünlerin tasarımında kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Biyoplastikler

Almanya'nın Berlin şehrinde bulunan ve Avrupa birliğine kayıtlı bir kurum olan European Bioplastics'e göre, “Bir plastik malzeme, biyo bazlı, biyolojik olarak parçalanabilir veya her iki özelliği de sahipse, biyoplastik olarak tanımlanır.” (<https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>).

Biyolojik olarak bozunma, ortamda bulunan mikroorganizmaların malzemeleri su, karbon dioksit ve kompost gibi doğal maddelere dönüştürdüğü kimyasal bir süreçtir (yapay katkı maddelerine gerek yoktur). Biyolojik bozunma süreci, çevresel koşullara (örneğin konum veya sıcaklık), malzemeye ve uygulamaya bağlıdır (https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf).

Biyolojik olarak bozunabilir biyoplastikler, petrol bazlı plastikler ve okyanuslardaki mikroplastiklerden kaynaklanan karbondioksit emisyonları gibi katı atıkların azaltılmasında ve çevre kirliliğine neden olan atık maddeler oluşturmadan bozunma özelliklerinden dolayı, güçlü potansiyelleriyle biyoteknoloji alanında büyük ilgi görmüştür (Chek vd., 2017, s. 1). Biyolojik esaslı polimerler, fosil kaynaklı polimerlerin yerini alırken çevreye verdikleri toksik etkinin de azaltılması gibi önemli bir avantaj sağlamaktadırlar (Imre & Pukanszky, 2013, s. 1216).

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyoplastikler bitkiler ve hayvanlardan doğal olarak ya da tamamen yenilenebilir kaynaklardan sentezlenir. Bu gruptaki biyoplastik türleri nişasta, selüloz, proteinler, lignin, kitosan, polilaktik asit (PLA) ve polihidroksialkanoatlar (PHA) ve polihidroksibütiratlar (PHB) içerir (Reddy vd., 2013, s. 1654). “Nişasta, birçok doğal üründe bulunan ekonomik bir biyopolimer olduğundan, biyolojik olarak parçalanabilir plastikler yapmak için yaygın olarak kullanılan cazip bir kaynaktır” (Aranda-Garcia vd., 2015, s. 2).

Biyoplastik yapımında yaygın olarak kullanılan nişasta amiloz ve amilopektinden oluşan, bir polisakkarittir (Reddy vd., 2013, s. 1659). Polisakkaritler, selüloz ve nişasta olarak doğada bol miktarda bulunurlar ve biyoplastik üretiminde önemli rolleri vardır (Harini vd., 2018, s. 231). Nişastadan plastik üretilmesi sırasında genellikle su, gliserin ve sorbitol gibi plastikleştirici maddeler kullanılır ve nişastanın moleküler yapısının ısıtılarak belirli koşullarda bozulması sağlanır. Jelatinleşme olarak bilinen bu işlem sonucunda elde edilen malzeme termoplastik nişasta (TPS) olarak bilinir.

Jelatin kolajenden elde edilir ve suda çözünür bir proteindir. Şeffaf jeller oluşturma yeteneği sayesinde araştırmacılar büyük ilgi uyandırmıştır. Bu protein, gıda ve ilaç uygulamalarında yaygın olarak kullanılmıştır (Reddy vd., 2013, s. 1659–1661).

Jelatin hayvansal kökenli bir proteindir ve iyi film oluşturma özellikleriyle bilinir, termal denatürasyon veya kolajenin fizikokimyasal bozunumu ile elde edilir. Polimerik matrise takviye olarak jelatin, nişasta ile birlikte kullanılabilir. Jelatin, moleküller arası mikrokristalin bağlantı bölgeleri ile üç boyutlu bir ağ oluşturur ve bu sistemin dehidrasyonu kırılabilir filmler üretebilir. Ayrıca nişasta bazlı malzemelerin kırılabilir olması esneklik ve uzama sağlamak için gliserin, sorbitol ve polietilen glikol gibi poliollerin kullanımını gerektirir (Fakhouri vd., 2013, s. 681–682).

Biyoplastikler ev tekstili, giyim ve ayakkabı endüstrisinde, ambalajlama, gıda hizmetlerinde, otomotiv, tüketim malları ve ev aletleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Grancarić vd., 2013, s. 11–12).

European Bioplastics'e göre, biyoplastikler için en büyük segment, 2021'deki toplam biyoplastik pazar hacminin neredeyse %48'i (1,15 milyon ton) ile yaklaşık 2,42 milyon tona ulaşan ambalaj uygulamasıdır (<https://www.european-bioplastics.org/market/applications-sectors/>).

Gıda veya hayvan yemi kaynaklarının olası kullanımını içeren biyoenerji veya biyoyakıt üretimi çok tartışılan potansiyel bir konudur. Gereksinim çok daha küçük olsa da, bu biyoplastikler için yenilenebilir kaynaklardan malzemelerin endüstriyel kullanımı için de geçerlidir (Thielen, 2014, s. 27). Biyoplastikler biyolojik bozunabilirlik özellikleriyle ayrıca bahçecilik ve tarımda özel ve önemli bir rol oynamaktadır (Thielen, 2014, s. 40).

Biyotatık Malzemeler ve Biyokompozitler

Biyotatık terimi oldukça kapsamlı bir kavramdır. Birçok evsel gıda atıklarından elde edilebilmesinin yanı sıra çeşitli gıda endüstrilerinin, tarım ve orman endüstrilerinin atıklarından da oluşabilmektedir (Bátori, 2018, s. 17).

“Biyotatık malzemelerin kullanımı nispeten daha az zararlı çevresel etkilere sahiptir; uygun maliyetlidir ve aynı zamanda fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Biyotatıklardan elde edilen hammaddeler, enerji depolama endüstrisinde geniş bir seçeneğe sahiptir” (Divyashree & Hegde, 2015, s. 88344).

Biyokompozit terimi, biyoplastikten yapılmış ve sentetik bir malzeme ile güçlendirilmiş kompozit bir malzeme için kullanılır; sentetik bir plastik ve doğal takviye ile yapılmış bir malzeme için; veya doğal lifler veya dolgu maddeleri ile güçlendirilmiş bir biyoplastik için kullanılır. Başka bir deyişle yeşil kompozitler olarak da adlandırılır (Bátori, 2018, s. 6).

Meyve ve sebze endüstrilerinin polisakkarit bazlı kalıntılarından biyofilmlerin üretimi, ikincil hammaddeden biyoplastik üretimi üzerine yapılan araştırmalarda popüler olmuştur. Pektin, nişasta, lignin, selüloz ve hemiselülozlar gibi çeşitli meyve ve sebze sanayi yan ürünlerinin bileşenle-

rinin karışımı, bu lignoselülozik hammaddeleri biyoplastik filmlerin üretimi için ilginç ve umut verici hale getirmiştir (Bátori, 2018, s.23).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), küresel olarak her yıl yaklaşık 1.3 milyar ton gıdanın israf edildiğini bildirmiştir. Bu miktarın insan tüketimi için üretilen tüm gıda kaynaklarının üçte birine karşılık geldiği bulunmuştur. Gıda atıklarının bileşimsel matrisi, kaynak ve türe göre geniş ölçüde değişirken, gıda atıklarının kaynaklarının evsel, ticari, endüstriyel ve tarımsal kalıntıları içerdiği unutulmamalıdır. Gıda atıkları, toprak, su, enerji ve işgücü gibi diğer kaynakların önemli ölçüde kaybı anlamına gelir. FAO, gıda atıklarını “üretim, hasat sonrası ve işleme aşamalarında gerçekleşen tedarik zinciri süreci boyunca kalite ve miktardaki gıda kayıpları” olarak tanımlamaktadır (Tsang vd., 2019, s. 625).

Atıkların Kullanımı ile Oluşturulan Sürdürülebilir Biyoplastikler

Biyoplastik üretim kaynaklarının araştırılmasında son yıllarda, gıda ve endüstriyel atıkların kullanımına odaklanılmaktadır. Çevre bilinci ve ekolojik bir yaklaşım olarak biyobozunur filmlerin üretiminde kullanılan atıkların malzemeye sağladıkları elastikiyet, biyobozunurluk, mukavemet, transparanlık ve antimikrobiyal gibi özellikler içeriğindeki bileşenlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu kapsamda farklı atıklarla yapılan çalışmalar da yoğunluk kazanmıştır.

Nar kabuğundan ekstrakte edilen pektin filmlerinin geliştirilmesi ve nano-takviye malzemesi olarak montmorillonit (MMT) içeriği, film çekme ve bariyer özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Nar kabuklarının, yenilebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir filmler yapmak için bir pektin kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Oliveira vd., 2016).

Sıcaklık, pH ve zaman değişkenlerinin muz kabuğundan sitrik asit ile pektin ekstraksiyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Muz kabuğundan sitrik asit ile pektinler, farklı pH, sıcaklık ve ekstraksiyon süresi koşulları altında başarıyla ekstrakte edilmiştir (Oliveira vd., 2016).

Muz kabuğundan elde edilen pektin ve selüloz nanokristallerden (CNC) biyonanokompozit filmlerin geliştirilmesinde sitrik asit eklenmesinin etkisi incelenmiş ve başarıyla elde edilmiştir (Oliveira vd., 2017).

Biyopolimer film hazırlamak için ultrasonla işlenmiş patates kabuğu ve limon kabuğunun stabilitesini kontrol etmek için ve ayrıca aktif biyopolimer film ve bunun film kalitesine etkisini geliştirmek için araştırma yapılmıştır (Borah vd., 2017).

Yüksek oranda tanen içeren meşe palamudunun soya proteini ile birleştirilmesiyle geliştirilen antioksidan ve esnek ambalaj filminin renk, ışık engelleme, fiziko-mekanik ve antioksidan özellikleri araştırılmıştır (Wang & Wang, 2017).

Selülozla güçlendirilmiş nişasta filmlerinin geliştirilmesi için kaju fıstığı kabuğu (CNS) nişastası ve ceviz kabuğu

selülozu (WNC) filmleri oluşturulmuş ve nar kabuğu ekstresinin kaju fıstığı kabuğu nişastası ve ceviz kabuğu selülozuyla oluşturulan filmlerle birleştirilmesi için ekstraksiyonu ve karakterizasyonu araştırılmıştır (Harini vd., 2018).

Yapılan bir yüksek lisans tezinde, geleneksel plastiklere alternatif bir biyomateryal olarak patates kabuğunun potansiyeli ve malzeme özellikleri araştırılmıştır. Isıtılabilir bir kalıpta ekstrüzyon ve sıkıştırma gibi çeşitli işleme teknikleri incelenmiştir (Baranova 2019). Bir doktora tezinde ise, toz halinde portakal atığı ve elma posası hammadde olarak değerlendirilmiş ve 3 boyutlu yapıların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Matris olarak pektin, takviye olarak selülozik lifler kullanılmıştır. Biyofilmlerin çözelti döküm ve sıkıştırma kalıplama yöntemleri ile bu atıklardan üretilebileceği ortaya koyulmuştur. Ayrıca, düşük basınçlı kalıplama kullanılarak portakal atığı tozundan ve elma posasından bağlayıcı içermeyen bir sunta oluşturulabileceği kanıtlanmıştır (Bátori 2018).

Gıda endüstrisi atıkları olarak patates kabuğundan biyoplastik üretimi araştırılmıştır. Ayrıca, üretilen biyoplastiklerin su emme kapasitesi ve biyolojik olarak parçalanabilme gibi bazı özellikleri analiz edilmiştir (Arıkan ve Bilgen, 2019).

Patateslerin gıda üretimi için geleneksel kullanımlarına alternatif olarak biyoplastikler, antioksidanlar, proteinler gibi yeni malzeme üretimi için kullanma olasılıkları araştırılmış, patates bileşenleri, ekstraksiyon teknolojileri ve yeni ürünler geliştirmeye yönelik olası yönleri, geri dönüşüm atıklarının hammadde olarak kullanılması incelenmiştir (Priedeniece vd., 2017).

Çeşitli biyokütle atıklarının kullanımıyla oluşturulan ahşap esaslı kompozit türlerinin zenginleştirilmesi ve doğrudan kullanımlarının sağlanması hedeflenmiştir. Muz kabuğu, gliserin, mısır nişastası, biber sapı ve kızılçam odunu kullanılarak hazırlanan 16 farklı biyoplastik numunesi üretilmiştir. Çevre dostu odun-biyoplastik üretimi için mısır nişastasının ko-biyopolimer, muz kabuklarının da ana biyopolimer kaynağı olarak kullanımıyla yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Ayrıca kızılçam odunu ve biber sapının kullanılması ile alternatif kaynak sağlanması amaçlanmıştır (Özdemir ve Ramazanoğlu, 2019).

Tarımsal bir atık olan portakal kabuğu %42,5 pektin içerir. Portakal kabuğu atığı içeriğindeki pektin oranının yüksek olması sayesinde, jelleşmeyi, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve nişasta biyokompozitine dayalı fiziksel özellikleri artırmak için matris olarak kullanılabilir. Bu amaçla pektin-nişasta biyokompozitine dayalı nanokristal selüloz (NCC) ve gliserin ilavelerinin etkisi incelenmiştir (Fath vd., 2019).

Portakal kabuğu, dönüştürülebilen karbonhidratlar içerir, bunlar şekere dönüştürülür ve fermentasyon sürecinde kullanılır. Çalışmada, termo-alkali ön arıtma işlem basitliği ve daha az reaksiyon süresi nedeniyle seçilmiştir. Ayrıca reaksiyon faktörleri optimize edilmiştir (Jang vd., 2021).

Gıda atıklarının yüksek selüloz içeriği ve kolay bulunabilirliği nedeniyle, basit laboratuvar teknikleri kullanılarak portakal kabuğundan biyoplastik filmlerin üretilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen film, plastikleştirici olarak gliserin ile karıştırılarak tutarlı ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Portakal atıklarından elde edilen biyoplastik üretiminin, yeni malzemeler üretmedeki umutları artırdığı ve geleneksel plastiklerin yerini alacak potansiyele sahip oldukları ve çevre dostu biyomalzemeler olduğu gözlemlenmiştir (Yaradoddi vd., 2021).

Mısır nişastası ile titanyum dioksit nanopartikülleri kullanılarak kompozit biyoplastiklerin karakterizasyonu ve performans analizi, bu malzemelerin uygulama alanını belirlemek ve potansiyelini değerlendirmek için araştırılmıştır (Amin vd., 2019).

Glüten bazlı biyoplastiklere su varlığında veya yokluğunda dissakkatilerden sakkaroz ve trehaloz ilavesinin etkileri değerlendirilmiştir. İncelenen örneklerde disakkaritlerin rolünün, formülasyonda suyun mevcut olup olmadığına bağlı olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, formülasyona gliserin ile birlikte su eklendiğinde, şekerler sulu fraksiyon içinde çözündürülmüş ve daha sonra biyoplastiklerde plastikleştirici bir rol oynamıştır (Alonso-González vd., 2021).

Polimer matrislerinde yeni organik dolgu maddeleri olarak zeytin çekirdeği tozu gibi doğal yenilenebilir malzemenin kullanımı araştırılmıştır. Zeytin çekirdeği tozunun bol bulunabilir olması, biyolojik bozunabilirlik, kolay işlenebilirlik, düşük yoğunluk ve düşük maliyet gibi özellikleri açısından umut verici yeni bir organik dolgu maddesi olduğu gözlemlenmiştir (Banat, 2019).

Bir ambalaj film geliştirmek için nar kabuğu tozu balık jelatinine ilave edilerek film oluşturulmuş, filmlerin mekanik, fiziksel, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri araştırılmıştır. Nar kabuğu tozu içeren balık jelatinin, antioksidan ve antimikrobiyal etkileri sayesinde aktif bir film olarak büyük potansiyele sahip olduğu ve bu nedenle gıda ürünlerinin kalitesinin korunmasına ve raf ömrünün uzamasına yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır (Hanani vd., 2019).

Tamamen sulu film oluşturma prosedürleriyle hidrotermal, öğütme, yıkama ve / veya eleme ön çözücü döküm aşamalarını kapsayan farklı esnek, optik olarak yarı saydam soğan kabuğundan (*Allium cepa*) biyoplastiklerin üretimi incelenmiştir. Soğan kabuğundan (sarı) elde edilen biyoplastikler, kimyasal yapı, film oluşturma protokolü ve film özellikleri arasındaki ilişkileri kapsamlı bir şekilde karakterize edilmiştir (Dias vd., 2020).

Aljinat bazlı filmlere mor soğan kabuğu ekstresinden (*Allium cepa*) fenolik özler elde edilmesiyle oluşturulan filmlerde yüksek antioksidan aktivite sağladığı, aljinat bazlı filmlerin kalınlığını artırdığı ve filmlerin sudaki çözünürlüğünün azaldığı, aktif ambalaj üretimi için ilginç bir malzeme olduğu, gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmak için kullanılabileceği incelenmiştir (Santos vd., 2021).

Jambolão (*Syzygium cumini*), Hindistan'a özgü tropikal bir ağaçtan elde edilen ve günümüzde Brezilya'nın farklı bölgelerinde yaygın olan yenilebilir bir meyvedir. Antioksidan özellikleri ve farklı pH ortamlarında renk değişimleriyle bilinen antosiyaninler açısından zengindir. Çalışmada, metilselüloz filmlere jambolão derileri özütünün eklenmesiyle aktif ve pH'a duyarlı akıllı ve biyolojik olarak parçalanabilen filmler üretilmiş, pH-duyarlılık özellikleri, bir pH aralığında (1–10) renk değişiklikleri ile belirlenmiştir (Filipini vd., 2020).

Biyoplastik yapımında kullanılması için ekstraksiyon yöntemi ile avokado çekirdeğinden nişasta eldesi gerçekleştirilmiş, farklı miktarlarda ve FTIR ile biyoplastik fonksiyonel grup analizi yapılarak, biyoplastiklerin biyolojik olarak parçalanabileceği araştırılmıştır (Fathurohman vd., 2020).

Zerdeçal mikrotanecik miktarının mısır nişastası bazlı biyoplastiklerin mekanik ve biyolojik bozunma özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. DeneySEL sonuçlar, zerdeçal mikropartiküllerinin eklenmesinin biyoplastiklerin mukavemetinin yanı sıra biyolojik olarak bozunurluğunu değiştirebileceğini göstermiştir (Triawan vd., 2020).

Sebze veya meyve atıklarından biyoplastik üretimi, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve karbon nötr doğası nedeniyle sürdürülebilir bir süreç olarak kabul edilebilir. Bu çevresel faydalar nedeniyle biyoplastikler, gelecekte dünya pazarında genişletmek için itici güce sahiptir (Mou-ra vd., 2017; Ganesh vd., 2022, s. 8).

IIT- Istituto Italiano di Tecnologia Genoa' da araştırmacılar, çevre dostu su bazlı bir yöntem kullanarak meyve ve sebze atıklarından elde edilen değişen esneklik ve mekanik mukavemete sahip biyoplastikler üretmişlerdir. Maydanoz ve ıspanak sapları kullanıldığında yumuşak ve gerilebilir plastik filmler, pirinç kabuklarından ise daha sağlam ve daha az esnek biyoplastik filmler elde edilmiştir (<https://bioplasticsnews.com/2019/07/31/turning-agro-waste-into-bioplastics/>).

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada bademin dış yeşil kabuğu, prina, soğan kabuğu (mor ve sarı), limon kabuğu ve posası, muz kabuğu, posası ve lif takviyeli, mandalina kabuğu, posası ve lif takviyeli, nar kabuğu, posa ve lif takviyeli, portakal kabuğu, posası ve suyu, karpuz kabuğu, turp kabuğu, salatalık kabuğu, domates kabuğu, marul, pancar sapı, mor lahana, avokado çekirdeği ve enginar yaprakları gibi farklı ve ilginç doğal atık malzemeler kullanılarak, değişik birçok yüzeye ve dokuya sahip biyoplastikler elde edilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Biyoplastik Yapımında Kullanılan Malzemeler

Jelatin, gliserin, nişastalar (buğday, mısır, tapyoka, patates), sodyum aljinat, agar agar tozu, asetik asit, sitrik asit, sodyum bikarbonat, elma sirkesi, limon suyu ve hindistan cevizi yağı

Çalışmada Kullanılan Atıklar ve Boyar Maddeler

Portakal kabuğu; kuru toz halde ve taze olarak kabuğu, posası ve suyunun ilavesiyle, nar kabuğu; kuru toz halde ve taze kabuklarının posası halinde, limon kabuğu taze ve posasıyla birlikte, muz kabuğu; sarı-kahve renkli ve açık sarı renkli taze kabuklarının posası ve suyu ile, mandalina kabuğu; kuru ve taze kabuklarının posası halinde, soğan kabuğu (sarı-mor) toz halde, prina; taze toz ve çekirdekli taze posa olarak, bademin dış yeşil kabuğu kuru toz halde, pancar sapı, salatalık kabuğu, marul yaprağı, karpuz kabuğu, turp kabuğu, mor lahana, avokado çekirdeği, enginar yaprakları ve domates kabuğu yaş olarak kullanılmıştır.

Çalışmada Kullanılan Mordan Maddeleri

Demir II sülfat ve Şap (alüminyum sülfat)

Çalışmada Kullanılan Lifler

Keten (geri dönüştürülmüş), kabak lifi, lyocell lifi

Yöntem

Biyoplastik yapımında esas olarak önce reçetelerdeki sıvı haldeki malzemeler sonra katı malzemeler eklenmiş ve 10 dak. sürekli karıştırılarak pişirilmiştir. Daha sonra farklı dokulara sahip plastik yüzeyler üzerine dökülerek, spatula yardımıyla yüzeye yayılarak kurumaya bırakılmıştır.

Atıkların Kullanım Şekli

Kabuk ve posa kullanımı

Atıklardan karpuz, turp, salatalık, domates kabukları, marul ve enginar yaprakları, mor lahana, avokado çekirdeği, mandalina kabuğu ve posası, muz kabuğu ve posası, limon kabuğu ve posası, portakal kabuğu ve posası, nar kabuğu farklı miktarda suyla kaynatılmıştır. Daha sonra çelik bıçaklı parçalayıcı ile püre haline getirilerek kullanılmıştır.

Biyoplastik yapımında kabuk ve posalar öncelikle püre haline getirilmiştir. 100 g karpuz kabuğu ve 30 g turp kabuğu 250 mL su ile kaynatılmış, salatalık kabuğunun tek kullanımında 62 g kabuk 200 mL suyla, salatalık kabuğu ve marul yaprağının birlikte kullanımında 62 g salatalık kabuğu ve 52 g yeşil marul yaprağı 400 mL suyla, marul yaprağı, salatalık ve domates kabuğunun birlikte kullanımında 16 g yeşil marul yaprağı, 32 şer g domates ve salatalık kabuğu 300 mL suyla, 45 g enginar yaprağı 600 mL suyla, 74 g avokado çekirdeği 200 mL suyla, 74 g mor lahana 400 mL suyla, 93 g limon kabuğu ve posası 400 mL suyla, 40 g taze nar kabuğu 300 mL suyla, 40 g kuru mandalina kabuğu 300 mL suyla (MD1-MD3) ve ayrıca 100 g yaş mandalina kabuğu ve posası 200 mL suyla (MD7-MD8) kaynatılmıştır.

Muz kabuğu farklı miktarlarda; 50 g sarı-kahverengi muz kabuğu 250 mL su ve 10 mL elma sirkesi içinde 30 dak. bekletilmiştir. Sonra süzülerek 250 mL su ile 30 dak. kaynatılmıştır (MZ1). Aynı yöntemle 123 g Sarı-kahverengi muz kabuğu 300 mL su ve 15 mL elma sirkesi içinde 30 dak. bekletilmiştir. Sonra süzülerek 300 mL su ile 30 dak. kaynatılmıştır (MZ4). 56 g açık sarı renkli taze muz

kabuğu, 250 mL su ve 10 mL sirke içerisinde 30 dak. bekletilmiştir. Sonra süzülerek 250 mL su ile 30 dakika kaynatılmıştır (MZ7-MZ8).

Portakal kabuğu farklı miktarlarda; 125 g portakal kabuğu ve posası 400 mL suyla (PR2-PR4), diğer denemede 138 g portakal kabuğu, posası ve 150 mL portakal suyu 50 mL suyla (PR6) kaynatılmıştır. Daha sonra çelik bıçaklı parçalayıcı ile püre haline getirilerek kullanılmıştır. Gıda atıklarının posa halinde kullanımı Tablo 1’de görülmektedir.

Pancar sapı (300 mL su ile 77 g pancar sapı), mor soğan kabuğu, sarı soğan kabuğu (250 mL su ile 5 g mor ve sarı soğan kabuğu), bademin dış yeşil kabuğu, prina (300 mL su ile 40 g toz prina, 250 mL su ile 10 g toz prina) farklı miktarlarda suyla kaynatılmıştır. Kaynatıldıktan sonra su ve posa kısmı ayrılmış, denemelerde pancar sapı, mor ve sarı soğan kabuğu posalarıyla birlikte ve sadece su kısımları ile de kullanılmıştır. Atıkların suyu ve posasının kullanımı Tablo 2’de gösterilmiştir.

Toz halinde kullanım

Bademin dış yeşil kabuğu, prina, nar kabuğu ve ayrıca portakal kabuğu toz olarak doğrudan kullanılmıştır. Prina toz kullanımının dışında çekirdekli posa halinde de kullanılmıştır.

40 g toz bademin dış yeşil kabuğu, 200 mL su ile 15 dak., 3 g toz portakal kabuğu 150 mL su ile 15 dak., 3 g toz nar kabuğu 150 mL su ile 10 dak., 40 g toz prina 300 mL su ile 15 dak. (PRN1), 10 g toz prina 250 mL su ile 10 dak. (PRN 3) kaynatılarak, süzümüştür. Süzülen sıvı kısmı biyoplastik yapımında kullanılmıştır. Prina toz kullanımının dışında çekirdekli posa halinde de kullanılmıştır. Atıkların toz halinde kaynatılarak kullanımı Tablo 3’te görülmektedir.

Lif takviyeli kullanım

Mandalina kabuğu, prina, nar kabuğu keten lifi, muz kabuğunda lyocell lifi, sarı soğan kabuğunda keten lifi ve kabak lifi, portakal kabuğunda kabak lifi kullanılmıştır (Tablo 4).

200 mL su ile 100 g mandalina kabuğu ve posası kaynatılmış, daha sonra çelik bıçaklı parçalayıcı ile püre haline getirilerek kullanılmıştır. Elde edilen posa iki biyoplastik yapımında kullanılmıştır.

300 mL su ile 40 g toz prina, 150 mL su ile 3 g toz portakal kabuğu 15 dak. kaynatılmış, süzöldükten sonra suyu biyoplastikte kullanılmıştır.

300 mL su, 40 g taze nar kabuğu kaynatılmış, daha sonra çelik bıçaklı parçalayıcı ile püre haline getirilerek kullanılmıştır.

200 mL su, 5 g sarı soğan kabuğu (keten lifi kullanılan) ve diğer denemede 250 mL su, 5 g sarı soğan kabuğu suyu (kabak lifi kullanılan) 15 dak. kaynatılmış, süzöldükten sonra suları biyoplastiklerde kullanılmıştır.

95 g sarı-kahve renkli muz kabuğu, 250 mL su, 15 mL sirke içerisinde 30 dak. bekletilmiş, sonra süzülerek 250 mL su ile 30 dakika kaynatılmıştır. Daha sonra çelik bıçaklı parçalayıcı ile püre haline getirilerek, biyoplastik yapımında kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1–4’te görüldüğü gibi atıkların kullanım şekli ve reçete içeriklerine bağlı olarak çok farklı özelliklerde biyoplastik yapılar elde edilmiştir. Gliserin ve jelatin oranı eşit tutulduğunda daha esnek yüzeyler elde edilirken, jelatin miktarının gliserin miktarından yüksek olduğu durumda ise, daha sert, yoğun bir kıvam ve daha az esneklik sağlanmaktadır. Gliserin miktarı artırıldığında daha esnek ve yumuşak yüzeyler elde edilebilmektedir. Sadece jelatin ve gliserinin kullanıldığı biyoplastiklerin daha şeffaf etkiye sahip olduğu ve daha hızlı kurduğu gözlemlenmiştir.

Nişasta kullanımında, tapyoka ve buğday nişastasının daha şeffaf, mısır ve patates nişastasının ise daha mat bir etki oluşturduğu gözlemlenmiştir. Nişasta miktarının artırılması daha mat ve daha dayanıklı yüzeylerin oluşumuna katkı sağlamıştır.

Atıkların su ve posasının kullanımıyla daha mukavemeti yüksek yapılı ve daha yoğun renklerde biyoplastikler elde edilmiştir. Lif takviyesi ile elde edilen biyoplastik yapıların en sağlam, dayanıklı yüzeyler olduğu gözlemlenmiştir. Posa miktarı kullanımının artırılması ile daha mat yapılı biyoplastikler elde edilmiştir.

Hızlı yoğunlaşmasından dolayı sodyum aljinat kullanımında hindistan cevizi yağı ilavesi daha homojen ve sıvı bir biyoplastik oluşumuna katkı sağlamıştır.

Agar tozunun rengi koyulaştırdığı ve biyoplastiğin hızlı kurumasını sağladığı gözlemlenmiştir.

Asitlerin daha esnek bir yapı oluşumuna katkı sağladığı ve renklerde değişikliğe neden olduğu gözlenmiştir. Elma sirkesi kullanımı renkte açılma ve daha esnek yapıların oluşmasına sebep olmuştur.

Demir II sülfat kullanımının renkte koyulaşma ve daha sert bir yapıya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle jelatin ve gliserin miktarının eşit tutulduğu biyoplastiklerde demir mordanın verdiği sertlik daha az seviyeye indirgenmiştir.

Şap ve sodyum bikarbonat kullanımı daha mat bir görünüme, köpürmeye ve daha yoğun kıvamlı bir biyoplastik oluşumuna yol açmıştır.

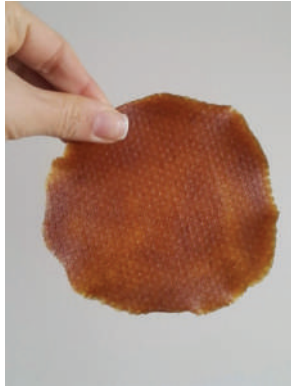
SONUÇ

Yenilenebilir kaynaklardan veya mikroorganizmalardan üretilen biyoplastikler, petrol bazlı plastiklerin neden olduğu çevre ve atık sorunlarına alternatif doğa dostu malzemeler olarak kabul edilmiş, çevresel duyarlılık çerçevesinde ve karbon gazı salınımlarını azaltmak amacıyla daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda, tekstil ve moda endüstrisi başta olmak üzere tüm sektörlerde doğaya ve çevreye verilen zararı en aza indirmek amacıyla yenilikçi çevre dostu malzemelerin kullanımında yeni çözümler arayışına gidildiği, köklü ve hızlı gelişmelerin arttığı görülmektedir.

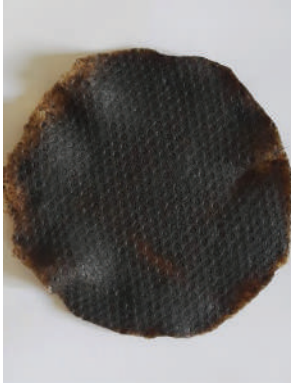
Tablo 1. Atıkların posa halinde kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
1	Avokado çekirdeği AVK 1	100 mL su 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası 71, 4 g avokado çekirdeği posası	3-4 gün içinde zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık pembe renk	
2	Domates kabuğu D1	40 mL su 12 g jelatin 12 g gliserin 26 g domates k. posası	1. gün zeminden kolay çıkma, çok esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, kırmızı renkli	
3	Karpuz kabuğu KRP1	70 mL su 12,5 g jelatin 12,5 g gliserin 6 g tapyoka nişastası 29 g karpuz k. posası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık yeşil-pembe renk	
4	Limon kabuğu L1	65 mL su 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 44 g limon posası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu sarı renkli, kurudukça 1 hafta sonunda renkte koyulaşma, büzülme gözlemlendi	

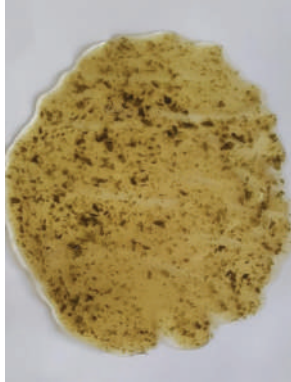
Tablo 1 (devamı). Atıkların posa halinde kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
5	Limon kabuğu L4	65 mL su 9 g jelatin 9 g gliserin 3 g sodyum aljinat 44 g limon k. posası 1 g Hindistan cevizi yağı	1. gün zeminden çok kolay çıkma, çok esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, sarı renkli	
6	Mandalina kabuğu MD1	65 mL su 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 22 g mandalina posası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli	
7	Mandalina kabuğu MD3	65 mL su 10 g jelatin 10 g gliserin 3 agar agar tozu 30 g mandalina posası	1. gün zeminden kolay çıkma, çok esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu turuncu renkli, diğer denemelere göre renk daha koyu, kurudukça 1 hafta sonunda kenarlarda büzülme gözlemlendi	
8	Muz kabuğu MZ1	50 mL su 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 44 g muz k. posası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, kahverengi	

Tablo 1 (devamı). Atıkların posa halinde kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
9	Muz kabuğu MZ4	20 mL su 10 g jelatin 10 g gliserin 3 g sodyum aljinat 70 g muz k. posası 1 g Hindistan cevizi yağı	2. gün zeminden kolay çıkma, çok esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, kahverengi, 3-4 gün içinde kuruma	
10	Portakal kabuğu PR2	65 mL su 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 22 g portakal k. posası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, turuncu renkli	
11	Portakal kabuğu PR4	65 mL su 9 g jelatin 9 g gliserin 3 g sodyum aljinat 44 g portakal k. posası 1 g hindistan cevizi yağı	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli, kurudukça renkte koyulaşma, kenar kısımlarında hafif büzülme gözlemlendi	
12	Prina PRN6	100 mL su 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası 50 g prina posası çekirdekli	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, kahverengi	

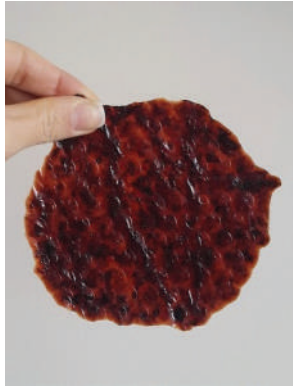
Tablo 1 (devamı). Atıkların posa halinde kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
13	Salatalık kabuğu SL1	60 mL su 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 24 g salatalık k. posası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık yeşil renk	

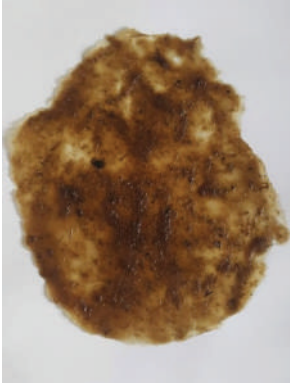
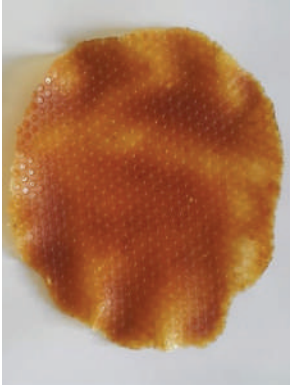
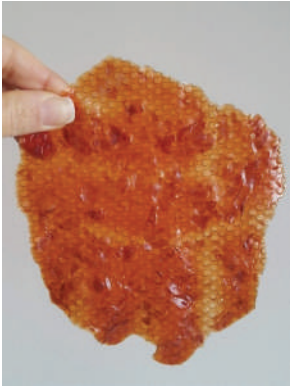
Tablo 2. Atıkların suyu ve posasının kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
1	Enginar yaprakları E2	65 mL enginarlı su+ 25 g enginar posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 7 g tapyoka nişastası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yarı yumuşak, yüksek dayanım, yeşil renkli, kurudukça 1 hafta sonunda renkte koyulaşma, sertleşme, büzülme gözlemlendi	
2	Mor lahana ML1	65 mL mor lahana suyu+22 g mor l. posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, mor renk, zaman içerisinde renkte koyulaşma olduğu gözlemlendi	

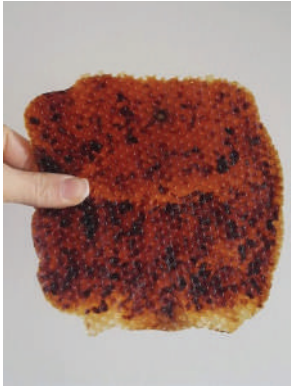
Tablo 2 (devamı). Atıkların suyu ve posasının kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
3	Mor lahana ML2	65 mL mor lahana suyu+22 g mor l. posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 2 g sitrik asit	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, pembe renk, sitrik asit kullanımında renkte açılma ve daha esneklik, zaman içerisinde renkte koyulaşma olduğu gözlemlendi	
4	Mor lahana ML3	65 mL mor lahana suyu+22 g mor l. posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 1 g asetik asit	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, açık mor renk, asetik asit kullanımında renkte açılma ve daha esneklik, zaman içerisinde renkte koyulaşma olduğu gözlemlendi	
5	Mor soğan kabuğu MS3	50 mL mor soğan k.suyu+ 3 g soğan k. posası 10 g jelatin 10 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 1 g asetik asit	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, parlak, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu turuncu renk, sarı soğan kabuğuna göre daha koyu renk, MS1 biyoplastiğine göre daha koyu renk	
6	Muz kabuğu MZ7	60 mL muz k. suyu+ 7 g muz kabuğu posası 20 g jelatin 12 g gliserin 6 g buğday nişastası 2 g sitrik asit	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, sarı-kahverengi, 3–4 gün içinde kuruma Jelatin ve nişasta miktarı arttırılınca daha dayanıklı biyoplastik eldesi	

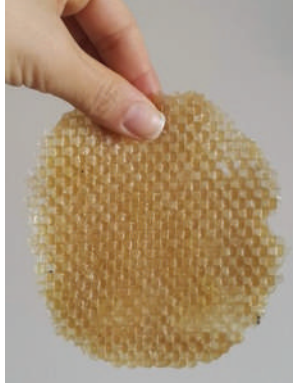
Tablo 2 (devamı). Atıkların suyu ve posasının kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
7	Pancar sapı PNC1	30 mL pancar suyu+ 24 g pancar posası 6 g jelatin 6 g gliserin 1,5 g tapyoka nişastası 5 g elma sirkesi	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, açık kahverengi	
8	Portakal kabuğu PR6	65 mL portakal k. suyu+ 22 g portakal posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli, kurudukça renkte koyulaşma, kenarlarında hafif büzülme gözlemlendi	
9	Sarı soğan kabuğu S2	65 mL soğan k. suyu+ 3 g soğan k. posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g buğday nişastası 5 g limon suyu	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli, limon suyu kullanımı ile renkte açılma	
10	Salatalık k. Marul SLM1	220 mL posalı su (salatalık k.+ marul yaprağı) 25 g jelatin 25 g gliserin 10 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü ve dokulu yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, yeşil renk, kenarlarda büzülme	

Tablo 2 (devamı). Atıkların suyu ve posasının kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
11	Salatalık k. Marul, domates k. SLMD1	190 mL posalı su (sl+mrl+domates kabuğu) 25 g jelatin 25 g gliserin 9 g tapyoka nişastası 6 g elma sirkesi	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, yeşil-kahve renk	
12	Turp kabuğu T1	100 mL turp suyu+ posa 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık pembe renk	
13	Mor soğan kabuğu MS1	65 mL mor soğan k.suyu+ 3g soğan k.posası 12 g jelatin 12 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 1g sodyum bikarbonat 0,50 g şap	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, parlak, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu turuncu renk, sarı soğan kabuğuna göre daha koyu renk	
14	Sarı soğan kabuğu S3	65 mL soğan k. suyu+ 3g soğan k. posası 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g buğday nişastası 0,15 g demir II sülfat	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, mat, pütürlü yüzey, sert, yüksek dayanım, siyah renk Demir II sülfat kullanımı ile renk turuncudan siyaha dönüştü ve daha sert bir yapıya neden olduğu gözlemlendi	

Tablo 2 (devamı). Atıkların suyu ve posasının kullanımı

Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
15 Pancar sapı PNC6	65 mL pancar sapı suyu 9 g jelatin 9 g gliserin 3 g sodyum aljinat 1 g hindistan cevizi yağı	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, sarı renk, ve PNC5 biyoplastiğine göre daha koyu renk ve daha mat	

Tablo 3. Atıkların toz halinde kaynatılarak direkt kullanımı

Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
1 Badem kabuğu BR 1	100 mL badem k. suyu 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık kahverengi	
2 Prina PRN1	100 mL toz prina suyu 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, siyah renk	

Tablo 3 (devamı). Atıkların toz halinde kaynatılarak direkt kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
3	Prina PRN3	200 mL toz prina suyu 26 g jelatin 20 g gliserin 9 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, açık kahverengi Jelatin miktarının gliserin miktarından fazla olması materyale daha yoğun bir kıvam ve sertlik sağlamaktadır	
4	Pancar sapı PNC 5	65 mL pancar sapı suyu 12,5 g jelatin 12,5 g gliserin	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, çok şeffaf, pürüzsüz yüzey, çok yumuşak, dayanıklı, açık sarı renk	
5	Mor soğan kabuğu MS2	65 mL mor soğan k. suyu 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, parlak, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu turuncu renk, sarı soğan kabuğuna göre daha koyu renk	
6	Nar kabuğu NR5	60 mL nar kabuğu suyu 6 g jelatin 6 g gliserin 3 g tapyoka nişastası	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, bal rengi	

Tablo 3 (devamı). Atıkların toz halinde kaynatılarak direkt kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
7	Nar kabuğu NR6	80 mL su 12 g jelatin 7 g gliserin 3 g tapyoka nişastası 8 g toz nar kabuğu	2. gün zeminden çıkma, esnek, sert, yüksek dayanım, pütürlü yüzey, kızıl kahverengi, kenar kısımlarında büzülme gözlemlendi	
8	Muz kabuğu MZ8	60 mL muz kabuğu suyu 12 g jelatin 7 g gliserin 3 agar tozu	1. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, sarı-kahverengi, 1-2 gün içinde kuruma, buzlu cam görünümlü yüzey	
9	Sarı soğan kabuğu S7	60 mL soğan k. suyu 12 g jelatin 12 g gliserin 3 g patates nişastası 2 g sitrik asit	2. gün zeminden kolay çıkma, çok esnek, şeffaf, pürüzsüz yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli, asit kullanımının biyoplastiğe daha fazla esneklik kazandırdığı gözlemlenmiştir	

Tablo 4. Atıkların lif takviyeli kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
1	Mandalina kabuğu MD7	100 mL su+116 g mandalina posası 16 g jelatin 16 g gliserin 6 g tapyoka nişastası 2 g keten lifi	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renk lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı	
2	Mandalina kabuğu MD8	100 mL su+116 g mandalina posası 16 g jelatin 16 g gliserin 6 g tapyoka nişastası 2 g keten lifi 0,10 g demir II sülfat	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu-haki renk, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı, demir II sülfat kullanımı ile renkte koyulaşma ve daha sert bir yapı oluşumu gözlemlendi	
3	Muz kabuğu MZ11	200 mL su+ 43 g muz k. posası 25 g jelatin 25 g gliserin 9 g buğday nişastası 1 g Lyocell lifi	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, kahverengi, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı	
4	Nar kabuğu NR7	110 mL su+ 127 g taze nar k. posası 16 g gliserin 16 g jelatin 1 g keten lifi	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu turuncu renk, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı	

Tablo 4 (devamı). Atıkların lif takviyeli kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
5	Nar kabuğu NR8	100 mL su+ 80 g taze nar k. posası 15 g jelatin 15 g gliserin 5 g tapyoka nişastası 2 g keten lifi 5 g elma sirkesi	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, yarı şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renk, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı, NR7'ye göre daha açık renk, sirke kullanımında renkte açılma	
6	Portakal kabuğu PR 11	60 mL portakal k. suyu 6 g jelatin 6 g gliserin 3 g buğday nişastası 1 g kabak lifi	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, dayanıklı, açık turuncu renk, kabak lifi kullanımı biyoplastiğe sert bir tutum sağlamıştır	
7	Prina PRN7	150 mL toz prina suyu 17 g jelatin 17 g gliserin 6 g sodyum aljinat 1 g keten lifi 2 g Hindistan cevizi yağı	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, koyu kahverengi, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı, aljinat kullanımı sonucu daha yoğun kıvamlı, hindistan cevizi yağı kullanımıyla daha esnek bir yapı	
8	Sarı soğan kabuğu S4	65 mL soğan k. suyu+ 3 g soğan k. posa 12,5 g jelatin 7,5 g gliserin 3 g buğday nişastası 1 g kabak lifi	2. gün zeminden kolay çıkma, esnek, şeffaf, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renkli	

Tablo 4 (devamı). Atıkların lif takviyeli kullanımı

	Kullanılan atıklar	Reçete	Yüzey özellikleri	Elde edilen yüzeyler
9	Sarı soğan kabuğu S11	150 mL soğan k. suyu 16 g jelatin 16 g gliserin 5 g tapyoka nişastası 1 g keten lifi	5–7 gün arasında zeminden çıkma, esnek, mat, pütürlü yüzey, yumuşak, yüksek dayanım, turuncu renk, lif takviyesi olmayan biyoplastiğe göre daha geç kuruma, daha dayanıklı	

Kaynakçaya bakıldığında, biyoplastiklerin tasarım ve sanat alanlarında kullanımının daha az olduğu söylenebilir. Bu deneysel çalışmada, yenilenebilir hammaddelerden çeşitli doğal atık maddelerle ve lif takviyesi kullanımı ile elde edilen alternatif yenilikçi bir malzeme olarak farklı renk, tutum, görünüm ve dokulu yüzeylere sahip olan biyoplastiklerin tasarım ve sanat alanlarında çok yönlü olarak kullanılabilme potansiyellerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Atıkların kullanım şekli ve reçete içeriklerinin elde edilen yüzeylerin özellikleri üzerinde önemli etkisi olmaktadır. Bu biyo bazlı malzemeler tekstil ve moda alanında büyük bir yenilik olmakla birlikte, tasarımcılar açısından özgün tasarımlar üretme konusunda avantaj sağlayarak tekstil ve moda endüstrisinde tasarım odaklı malzemelerin gelişimini şekillendirmeye yardımcı olabilir.

Bitkisel kaynaklı biyoplastiklerin özgün ürünlerin ortaya çıkartılmasında yaratıcı ve yenilikçi bir şekilde kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca, bol miktarda bulunabilecek çeşitli atık maddelerin biyoplastiklerde verimli bir şekilde kullanılarak değerlendirilmesi sayesinde, biyoplastik üretim maliyetinin azaltılabileceği ve bunun çevre dostu sürdürülebilir döngüsel bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür: Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Deniz Duran' a keten lifi, Gülsüm Kablan Geniş' e (Sındırgılar Zeytinyağı İmalat San. ve Tic. İth. İhr. Ltd. Şti., Zeytindağ Bergama, İzmir) prina ve Batı Basma Sanayi A.Ş. Ar-ge Merkezi Şefi Serhat Karakaya' ya kimyasal maddelerin temini konusundaki değerli destekleri için çok teşekkür ederiz.

Etik: Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics: There are no ethical issues with the publication of this manuscript.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Aranda-García, F. J., González-Núñez, R., Jasso-Gastinel, C. F., & Mendizábal, E. (2015). Water absorption and thermomechanical characterization of extruded starch/poly (lactic acid)/agave bagasse fiber bioplastic composites. *International Journal of Polymer Science*, 2015, 1–7. [CrossRef]
- Amin, M. R., Chowdhury, M. A., & Kowser, M. A. (2019). Characterization and performance analysis of composite bioplastics synthesized using titanium dioxide nanoparticles with corn starch. *Heliyon*, 5(8), 1–12. [CrossRef]
- Arıkan, 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. [CrossRef]
- Alonso-González, M., Ramos, M., Bengoechea, C., Romero, A., & Guerrero, A. (2021). Evaluation of composition on processability and water absorption of wheat gluten-based bioplastics. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(5), 1434–1443. [CrossRef]
- Banat, R. (2019). Olive pomace flour as potential organic filler in composite materials: A Brief Review. *American Journal of Polymer Science*, 9(1), 10–15.
- Baranova, M. (2019). Beyond Plastic. An exploration of potato

- peels as an alternative biomaterial to single-use conventional plastic (Unpublished master thesis]. Aalto University.
- Bátori, V. (2018). Fruit wastes to biomaterials: Development of biofilms and 3D objects in a circular economy system (Publication No: urn:nbn:se:hb:diva-15463) [Doctoral dissertation, University of Borås]. Diva Portal. <http://hb.diva-portal.org/smash/get/diva2:1270941/FULLTEXT01.pdf>
- Barrett, A. (2019, July 19). Turning agro waste into bioplastics. <https://bioplasticsnews.com/2019/07/31/turning-agro-waste-into-bioplastics/>
- 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. [CrossRef]
- Chek, M. F., Kim, S. Y., Mori, T., Arsad, H., Samian, M. R., Sudesh, K., & Hakoshima, T. (2017). Structure of polyhydroxyalkanoate (PHA) synthase PhaC from *Chromobacterium* sp. USM2, producing biodegradable plastics. *Scientific Reports*, 7(1), 1–15. [CrossRef]
- Divyashree, A., & Hegde, G. (2015). Activated carbon nanospheres derived from bio-waste materials for supercapacitor applications—a review. *RSC Advances*, 5(107), 88339–88352. [CrossRef]
- Dias, D. D. S., Otoni, C. G., Silva, R. R. D., Meneguim, A. B., Mattoso, L. H. C., Barud, H. D. S., & Ribeiro, C. A. (2020). Large scale manufacturing of puree-only edible films from onion bulb (*Allium cepa* L.): Probing production and structure–processing–property correlations. *Industrial Crops and Products*, 145, Article 111847. [CrossRef]
- European- Bioplastics. (2021, May 26). Applications for bioplastics, <https://www.european-bioplastics.org/market/applications-sectors/>
- European Bioplastics. (2021, May 21). What are bioplastics? <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- European Bioplastics. (2016). What are bioplastics? Material types, terminology, and labels- an introduction. https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf
- Green Dot Bioplastics. (2021, April 12). Bioplastics 101: An introduction to key terms in sustainable plastics. <https://www.greendotbioplastics.com/bioplastics-101-introduction-key-terms-sustainable-plastics/>
- Filipini, G. D. S., Romani, V. P., & Martins, V. G. (2020). Biodegradable and active-intelligent films based on methylcellulose and jambolão (*Syzygium cumini*) skins extract for food packaging. *Food Hydrocolloids*, 109, Article 106139. [CrossRef]
- Fakhouri, F. M., Costa, D., Yamashita, F., Martelli, S. M., Jesus, R. C., Alganer, K., Queiroz, F. P. C. & Innocentini-Mei, L. H. (2013). Comparative study of processing methods for starch/gelatin films. *Carbohydrate Polymers*, 95(2), 681–689. [CrossRef]
- Fath, M. T. A., Nasution, H., Harahap, H., & Ayu, G. E. (2019). Biocomposite of pectin and starch filled with nanocrystalline cellulose (NCC): The effect of filler loading and glycerol addition. *AIP Conference Proceedings*, 2175(1), Article 020012. [CrossRef]
- Fathurohman, V., Alisaputra, D., & Sedyadi, E. (2020). The effect of addition of avocado fruit seeds on bioplastic biodegradation. *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, 3, 137–145. [CrossRef]
- Grancarić, A. M., Jerković, I., & Tarbuk, A. (2013). Bioplastics in textiles. *Polimeri: Časopis Za Plastiku I Gumu*, [Conference Paper: UDK 677.1/5:678:620.1]. 34(1), 9–14.
- Ganesh, K. S., Sridhar, A., & Vishali, S. (2022). Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities-A review. *Chemosphere*, 287, Article 132221. [CrossRef]
- 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. *Carbohydrate Polymers*, 184, 231–242. [CrossRef]
- Hanani, Z. N., Yee, F. C., & Nor-Khaizura, M. A. R. (2019). Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the antioxidant and antimicrobial properties of fish gelatin films as active packaging. *Food Hydrocolloids*, 89, 253–259. [CrossRef]
- Imre, B., & Pukánszky, B. (2013). Compatibilization in bio-based and biodegradable polymer blends. *European Polymer Journal*, 49(6), 1215–1233. [CrossRef]
- Jang, Y. W., Lee, K. H., & Yoo, H. Y. (2021). Improved sugar recovery from orange peel by statistical optimization of thermo-alkaline pretreatment. *Processes*, 9(3), 409. [CrossRef]
- Oliveira, T. Í. S., Rosa, M. F., Cavalcante, F. L., Pereira, P. H. F., Moates, G. K., Wellner, N., Mazzetto, S. E., Waldron, K. W. & Azeredo, H. M. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chemistry*, 198, s. 113–118. [CrossRef]
- Oliveira, T. Í. S., Redondo, L. Z., Moates, G. K., Wellner, N., Cross, K., Waldron, K. W., & Azeredo, H. M. (2016). Pomegranate peel pectin films as affected by montmorillonite. *Food Chemistry*, 198, 107–112. [CrossRef]
- Oliveira, T. Í. S., Rosa, M. F., Ridout, M. J., Cross, K., Brito, E. S., Silva, L. M., Mazzetto, S. E., Waldron, K. W., & Azeredo, H. M. (2017). Bionanocomposite films based on polysaccharides from banana peels. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 101, 1–8. [CrossRef]
- Ozdamar, E. G., & Ates, Murat. (2018). Rethinking sustainability: A research on starch based bioplastic. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 3(3), 249–260. [CrossRef]

- Ozdemir, F., & Ramazanoglu, D. (2019). Atık muz kabuğu, biber sapı ve kızılçam odununu kullanarak biyoplastik kompozit üretimi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(3), 267–273. [Turkish]
- Priedniece, V., Spalvins, K., Ivanovs, K., Pubule, J., & Blumberga, D. (2017). Bioproducts from potatoes. A review. *Environmental and Climate Technologies*, 21(1), 18–27. [CrossRef]
- Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689. [CrossRef]
- Siagian, M., & Tarigan, P. (2016). Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer. In *Journal of Physics. Conference Series*, 710(1), Article 012012. [CrossRef]
- Santos, L. G., Silva, G. F. A., Gomes, B. M., & Martins, V. G. (2021). A novel sodium alginate active films functionalized with purple onion peel extract (*Allium cepa*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35, Article 102096. [CrossRef]
- Thielen, M. (2014). Bioplastics, plants and crops raw materials products. Federal Republic of Germany: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) Agency for Renewable Resources. https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Brosch.Biokunststoffe-en-2019_Web.pdf
- Tsang, Y. F., Kumar, V., Samadar, P., Yang, Y., Lee, J., Ok, Y. S., Song, H., Kim, K. H., Kwon, E. E. & Jeon, Y. J. (2019). Production of bioplastic through food waste valorization. *Environment International*, 127, 625–644. [CrossRef]
- Triawan, F., Nandiyanto, A. B. D., Suryani, I. O., Fiandini, M., & Budiman, B. A. (2020). The influence of turmeric microparticles amount on the mechanical and biodegradation properties of cornstarch-based bioplastic material: From bioplastic literature review to experiments. *Materials Physics & Mechanics*, 46(1), 99–114.
- Wang, H., & Wang, L. (2017). Developing a bio-based packaging film from soya by-products incorporated with valonea tannin. *Journal of Cleaner Production*, 143, 624–633. [CrossRef]
- Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Sajjan, A. M., Kamat, S., Mujtaba, M. A., Shettara A. S., Anqif A. E., Safaei, M. R., Elfasakhany, A., Siddiqui, I. H., & Ali, M. A. (2021). Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 17, 3186–3197. [CrossRef]