



Süleyman Demirel
Üniversitesi
YEKARUM e-DERGİ
(Journal of YEKARUM)
2021/ Volume 6/Issue 2
E - ISSN:1309-9388



Gıda Atıklarının Teknolojik Olarak Değerlendirilmesi: Atık Esaslı Polimerler ve Tekstilde Kullanımı

Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ**

*^aSüleyman Demirel Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Batı Yerleşke/ISPARTA
Sorumlu yazar e-posta adres: diclekucukcapraz@sdu.edu.tr

ÖZET:

Doğal kaynaklardan faydalanma süreci insanlığın ve medeniyetin gelişimiyle şekil değiştirmiş, ıslah edilmiş tarım ekolojisi ve işlenerek sofrada son bulan gıda elde etme süreci ile insanlığa beslenmede önemli bir avantaj sunarken, gıda ve tarımsal atıkların yarattığı sorunlar ve bertaraf edilme süreçleri gibi dezavantajlarla mücadele etme sorununu da beraberinde getirmiştir. Atık oluşumunun engellenmesi asıl amaç olmakla birlikte, oluşmuş atıkların değerlendirme süreçleri hem enerjiyi verimli kullanmak başta olmak üzere çevresel olumsuz etkilerini en aza indirmek, hem de katma değerli ürün elde ederek kayıpları dengelemek adına asıl amacın aksine hala pratikte en çok tercih edilen yöntemleri oluşturmaktadır. Bu çalışma ile literatürde yapılan çalışmalar ışığında; atık gıda ürünlerinin hammadde olarak kullanıldığı teknolojik ürünlere geri dönüştürme sürecinde elde edilen polimerleri ve yüksek enerji kullanımında hala üst sıralarda yer alarak çevre kirliliğine olumsuz katkı sağlayan tekstil sektöründe bu polimerlerin kullanım imkanları ve potansiyeli incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıda atıkları, Değerlendirme, Sürdürülebilirlik, Polimerler, Tekstil

Technological Valorization of Food Wastes: Waste-Based Polymers and Their Usages in Textile

ABSTARCT:

The process of utilizing natural resources has changed shape with the development of humanity and civilization while providing a significant advantage in nutrition to humanity with the improved agricultural ecology and the process of obtaining food that ends on the table by processing, it has also brought with it the problem of struggling with disadvantages such as the problems created by food and agricultural wastes and their disposal processes. Although the main purpose is to prevent the generation of waste, the evaluation processes of the generated wastes still constitute the most preferred

^a diclekucukcapraz@sdu.edu.tr

methods in practice to minimize the environmental negative effects, especially to use energy efficiently, and to balance the losses by obtaining value-added products. With this study, in the light of studies in the literature; The polymers obtained in the process of recycling waste food products into technological products, in which they are used as raw materials, and the possibilities and potential of the use of these polymers in the textile sector, which are still at the top in high energy use and contribute negatively to environmental pollution, are examined.

Keywords: Food wastes, Valorization, Sustainable, Polymers, Textile

1.GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte yaşlı dünyanın çok kısa bir süresinde hızla artan ekolojik zarar süreci ve etkilerini bertaraf etmek amacıyla; gıda ve tarım atıklarının oluşmasının önlenmesi, bertaraf edilmesi ve değerlendirilmesi konusu; daha yaşanabilir bir dünya için yapılan çok çeşitli alanlardaki çalışmalardan sadece biridir.

Mahsul üretiminde önemli bir iyileştirmeye sağlayarak, dünya çapında artan nüfus için gıdanın mevcudiyetini sağlayan tarımsal uygulamaların artışı [1] ile eş zamanlı büyük miktarlarda biyolojik olarak parçalanabilen işlenmiş hammaddelerin katı veya sıvı atıkları da oluşmaktadır [2]. Gıdanın üretilmesinden tüketilmesi sonrası oluşan atıklara kadar ki süreçte neredeyse 1/3'ünün (dünyada israf edilen gıda maddeleri arasında ilk sırayı meyve ve sebzeler (%44), kök ve yumru bitkiler (%20) ile tahıl (%19) grupları izlemektedir [3]) atık hale gelmesi [1], çevresel açıdan gereksiz sera gazı emisyonlarını, boşa harcanan toprağı, suyu ve enerjiyi temsil etmektedir [4].

Gıda kaybı ve israfını ortadan kaldırmak, yapılamıyorsa azaltmak ve tüketim alışkanlıklarını değiştirmek [5] tablo 1.'de ki gıda atıkları için izlenen hiyerarşi detaylı incelendiğinde çokça tercih edilmese de sürdürülebilir [6] gıda sistemleri kurmak için izlenmesi gereken aşamaları oluşturmaktadır.

Tablo 1. Gıda Atıkları Değerlendirme Hiyerarşisi [7].

En çok tercih edilen seçenek ↑

ÖNLEME	Önleme	Ortaya çıkan hammadde, içerik ve ürün israfı azaltılır - atıktaki genel azalmada ölçülür
		İnsanlara yeniden dağıtılır
		Hayvan beslemede kullanılır
ATIK	Geri dönüşüm	Anaerobik çürümeye gönderilen atık veya
		Atık birleştirme/dönüştürme
	Kurtarma	Enerji geri kazanımı ile atık yakma
	İmha etme	Enerji geri kazanımı olmadan yakılan atıklar
		Çöp sahasına gönderilen atıklar
		Kanalizasyona giden Atık madde/ürün

En çok tercih edilen seçenek ↓

Gıda atığının geri dönüşüm sürecinde bozulmaya karşı dirençsiz olması, organik moleküller [8], ve selüloz [9] gibi değerli malzemeleri içeren gıda atıklarının teknik yöntemlerle işlenerek şekil 1.'de de görüldüğü gibi katma değeri yüksek ürünlere (biyoyakıt, biomateryaller, biopolimerler, organik asitler v.b. [2]) hammadde olması seçeneğini oldukça kısıtlamaktadır.



Şekil 1. Gıda Atığı değerlendirme teknikleri [10].

Bu çalışma ile gıda atıklarının ya da işlenmesi sürecinde ortaya çıkan yan ürünleri esas alarak üretilen polimerler, ilgili literatür ışığında incelenmiş ve tekstil ürünlerinde kullanılabilme potansiyeli tartışılmıştır.

2. GIDA ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN POLİMERLER VE TEKSTİLDE KULLANIMLARI

Sentetik polimerlerin petrol esaslı üretim kaynakları, bu ürünlerin işlenmesi, atıklarının doğaya verdiği zararlar araştırmacıların farklı üretim kaynaklarına yönelmesinde önemli itici güçlerden biri olmuştur.

Gıda atıklarının katma değeri yüksek ürünler halinde geri dönüştürülmesi, israfın yol açtığı kayıpları dengelemesi açısından önemlidir. Bu sebeple birçok gıda ve işlenmesi sürecinde ortaya çıkan atık polimer üretiminde hammadde olarak kullanılmıştır [2]. Patates

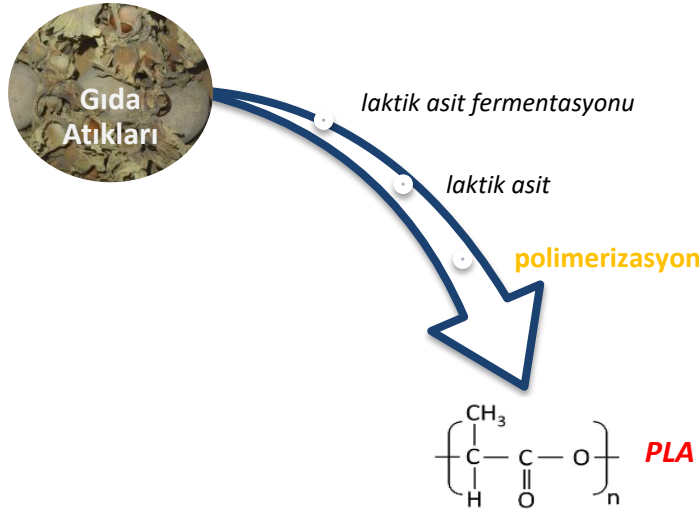
atıkları, Mısır atıkları, mango çekirdeği, narenciye atıkları, üzüm atıkları, balkabağı çekirdekleri, şeker küspesi, kahve atıkları, muz atıkları, avokado çekirdekleri, havuç atıkları, fıstık kabuğu, hububat atıkları, hayvan atıkları polimer üretiminde gıda ve gıda işleme ortaya çıkan atıkların hammadde olarak kullanılan kısımlarına örnek verilebilir [11]. Yaygın olarak gıda atığından üretilen polimerler aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.1. PoliLaktik Asit (PLA)

Şeker pancarı ve mısır gibi yenilenebilir biyokütle kaynaklarından elde edilen Laktik asit (LA)'in en yaygın uygulamalarından biri, çevre dostu özellikleri ve mükemmel malzeme performansı nedeniyle biyoplastik pazarının %35'inden fazlasına katkıda bulunan poli(laktik asit) (PLA) sentezlemektir [12].

Gıda kaynakları rekabetinden kaçınmak için, arpa, mısır, peynir altı suyu, patates kabuğu atıkları, meyve ve sebze atıkları gibi atık maddeler ve endüstriyel yan ürünleri ve [13]

LA kimyasal, enzimatik ve fermentasyon yöntemleri ile elde edilebilir [14]. Biyokütleden fermentasyon ile PLA eldesi şekil 2.’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Biyokütleden fermentasyon ile PLA eldesi [15–17].

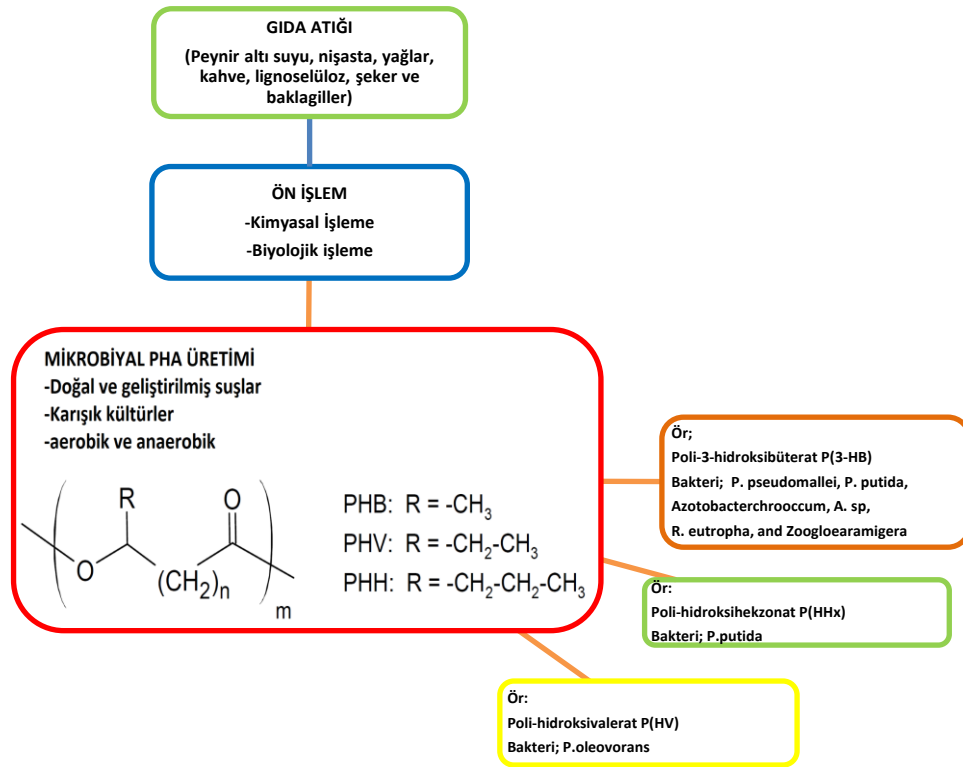
Biyouyumlu [18] ve biyobozunur [19] bir polimer olan PLA, yarı kristalin ya da amorf yapıda olan, rijit termoplastik ve alifatik bir polimerdir [20]. PLA polimeri 66.000 g/mol Mw ağırlığına sahip, T_g 55 °C, T_m 165 °C, 59 MPa mukavemet ve %7 uzama özellikleri [21] ile ön plana çıkmaktadır. Biyouyumluluk özelliği sebebiyle tıbbi tekstil uygulamalarında yoğun şekilde kullanılmaktadır [22].

2.2. PoliHidroksiAlkanatlar (PHA)s

PHAs petro-kimyasal esaslı geleneksel plastik potansiyeline sahip, lineer, termoplastik, gram negatif ve gram pozitif iki grup tarafından

mikrobiyal olarak farklı karbon kaynakları ile üretilen biyoplastik olarak da anılan polyesterlerdir; [23-24]. Bilinen 155’den fazla monomer ile PHA üretme potansiyeline sahip mikroorganizmalar

ile üretilen ve bu monomerlerden elde edilen polimerin oluşum şekline göre farklı alanlarda kullanıma uygun çok çeşitli PHA türleri bulunmaktadır [25-26]. 3 önemli PolihidroksiAlkanatlar sırasıyla; poli(3-hidroksibüterat) (PHB), polihidroksivalerat (PHV) ve polihidroksihekzonat (PHH) olarak sayılabilir [27]. PHA’ların gıda atıklarından üretim şeması şekil 3.’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Gıda atığından PHAs üretimine. [24, 26-27].

Biyokütle kaynaklı PHA polimeri, toprağa bırakıldığında biyobozunur özellik gösterirken neme karşı dirençli olması kullanım sürecinde kararlı bir yapıda kalmasını sağlar [28]. Yapısında bulunan monomerlerin çeşidi ve sayısına bağlı olarak özellikleri değişkenlik göstermekle birlikte [29], kristalinite değeri %40-60 aralığında olan polimer örneği için; T_g 2 °C, T_m 160-175 °C, 15-40 MPa mukavemet ve %1-15 uzama özellikleri [30] ile tanımlanabilir.

Biyoyumluluk özellikleri sebebiyle; tıp, eczacılık, UV direnci ve neme karşı stabilitesi sebebiyle gıda sektöründe paketlemede ve biyobozunur özellikleri sebebiyle; doğa dostu tek kullanımlık kapların üretiminde, film üretiminde, kağıt kaplamada, zirai uygulamalarda kullanıldığı da rapor edilmiştir. Tekstilde ise implante edilebilir tıbbi tekstil uygulamalarında ilgi görmektedir [22].

2.3. Kitin, Kitosan

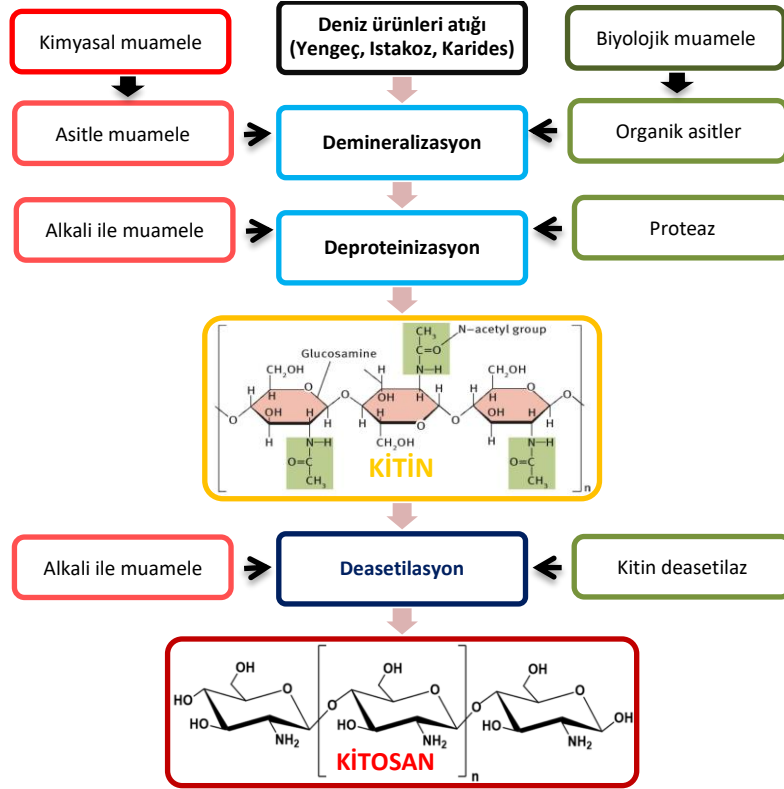
Doğada selülozdan sonra en bol bulunan ikinci polimer (poli-β-(1,4)-N-acetyl-D-glucosamine) olan mantar hücre duvarlarında olduğu kadar kabuklu ve böcek dış iskeletlerinde de bulunan kitin, düzenli kristalli mikrobrillerden oluşur [31-32] ve gıda üretimi ya da tüketimi sonrası deniz kabuklularının (karides, yengeç ve kril gibi) atıklarından elde edilebilmektedir [33].

Kimyasal ve biyolojik yöntemler ile elimine edilebilen kitin onu sert bir malzeme yapan güçlü moleküller arası hidrojen bağından dolayı heksafloroizopropanol, heksafloroaseton ve kloroalkoller gibi mineral asitlerin sulu çözeltileri ve %5 lityum klorür içeren dimetilasetamid gibi birkaç çözücü haricinde suda ve hatta çoğu organik çözücüde çözünemez [34].

Kitin'in kimyasal yöntem kullanılarak kısmi deasetilasyonu ile elde edilen kitosan, düşük pH'da seyreltik organik asitlerde kolayca

çözünmesi sebebiyle (çözünürlüğü büyük ölçüde deasetilasyon derecesine bağlı) kitinden daha yaygın kullanılan türevlerinden en

önemlisidir [35]. Kitinin elde edilme süreci ve kitosanın deasetilasyon ile elde edilmesi Şekil 4.'de gösterilmiştir.



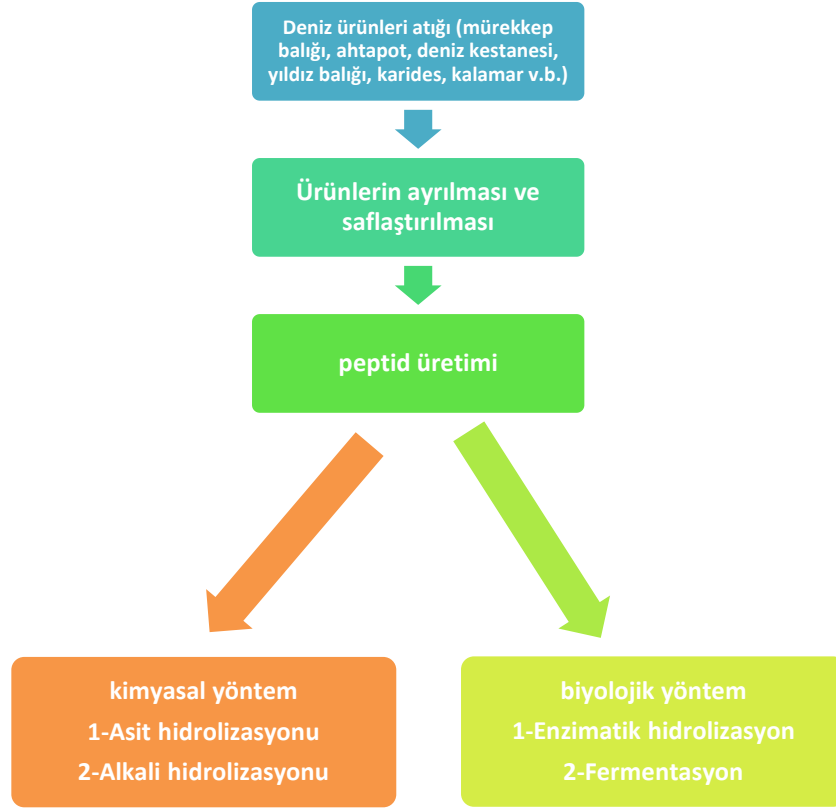
Şekil 4.Kitinin ve kitosanın deniz ürünleri atığından elde edilmesi [36–38].

Biyouyumlu, biyobozunur ve non-toksik özellikleriyle ön plana çıkan kitin ve kitosan [39], su ve atıksu arıtmada, tarımda, tıbbi ve farmakolojik uygulamalarda, kozmetik ve gıda endüstrisinde kullanım alanı bulmuştur [40].

Yengeç kabuğundan elde edilen kitinin, mukavemeti 36 MPa iken elastikiyeti % 3,4 [41], kitosan filmin ise mukavemeti $6,99 \pm 0,95$ MPa, elastikiyeti $\% 72,70 \pm 6,76$ olarak bildirilmiştir [42]. Tekstil sektöründe ise; tekstil elyaflarının boya afitiesini arttırmada, baskı da kalınlaştırıcı olarak, elyafta karışım olarak kullanıldığında boya haslığını ve mukavemetini arttırmada, ayrıca ve sentetik elyaflara antistatik özellik kazandırmada kullanıldığı gibi, tıbbi tekstil uygulamalarında etkileyici biyolojik özellikleriyle kullanım alanı bulmuştur [43].

2.4. Kolajen

Kollajen, hayvan kaynaklı (sığır derisi, domuz derisi, sucul canlı kaynaklı) üçlü sarmal yapıda polipeptidten oluşan doğal bir biyopolimerdir [44]. Yüksek gerilme mukavemeti ve stabilitesi ile çözünmeyen lifler oluşturma konusunda eşsiz bir yeteneğe sahip olan, amino asit bileşimlerinde önemli ölçüde farklılık gösteren büyüklüklerine, işlevlerine ve dağılımlarına göre sınıflandırılan kollajenin şimdye kadar bildirilen yaklaşık 27 tipi vardır ve zincirinde iki alfa ($\alpha 1$ ve $\alpha 2$) ve tek beta (β) gösteren ve en yüksek yüzdeye sahip olan Tip I kollajen, genel olarak ve endüstride yaygın olarak uygulanır [45]. Deniz kaynaklarından kimyasal ve biyolojik olarak sentezlenebilen kollajen peptid üretim süreci şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Deniz kaynaklarından kolajen peptid üretim süreci [46].

Sağlıklı gıda, kozmetik, tıp/ilaç ve suni lif alanlarında kullanıldığı bildirilen [47] kolajen, özellikle biyoyumlu ve biyobozunur özelliklerinin artırılmak istendiği vücut içi uygulamalarda kullanılacak tıbbi tekstil ürünlerinde tercih edilmektedir [48].

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Gıda israfı sadece kaynakların verimsiz kullanılması, yarattığı çevresel sorunlar, bertarafı sürecinde harcanan yüksek enerji ve bunun doğrudan yarattığı çevresel kirlilik faktörleri yanı sıra gıdaya ulaşamayan aynı dünyayı paylaştığımız insanlık içinde vicdani sorumluluğu beraberinde getirmektedir. En önemli çözüm tüketeceğin kadar al/kullan olmakla birlikte bu başarılsa bile gıdanın tüketimi sırasında yenmeyen ya da işlenmesi sürecinde ortaya çıkan polimerik olarak hala oldukça değerli kısımları da atık geri dönüştürme sürecinde yakılmakta ya da katma

değeri oldukça düşük ürünlere dönüştürülmektedir. Bu çalışma kapsamında gıda atıklarıyla yaygın olarak elde edilen polimerler ve tekstilde kullanım olanaklarına yer verilmiştir. Ancak gıda atıklarıyla elde edilebilecek polimerler literatürde de görülebileceği üzere örneğin şeker esaslı atıklar (şeker küspesi, şeker kamışı atıkları, mısır atıkları v.b.) ile elde edilen etanolün dehidrasyonu ile polietilen üretilebileceği gibi [11] atıkların hızlı bozulması ve bu süreçte ortaya çıkan uçucu yağ ya da alkollerin kontrol altında tutulmasındaki zorluklar sebebiyle de çoğu atık bu sürece dahil olmadan ortadan kaybolmaktadır. Gıda atıklarının katma değeri yüksek ürünlere dönüştürmede en büyük problem olan atığın en kısa sürede temini ve işlenmesi sürecinde en önemli çözüm uygun ve en kısa sürede ayırma, taşıma ve işleme tesislerinin oluşturulmasıdır. Bu çalışmada da görüleceği üzere; tekstil gibi kullandığı elyaf

hammadde kaynaklarının çoğunluğu petrol yan ürünleri olan sektörde, çoğunluğu biyoyumlu, çevre dostu bu polimerlerin kullanılmasının

yaygınlaşması tekstil sektöründe istenen sürdürülebilirlik sürecine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] K. L. Ong, G. Kaur, N. Pensupa, K. Uisan, ve C. S. K. Lin, “Trends in food waste valorization for the production of chemicals, materials and fuels: Case study South and Southeast Asia”, *Bioresource Technology*, c. 248, Elsevier Ltd, ss. 100–112, Oca. 01, 2018, doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.076.
- [2] A. Nayak ve B. Bhushan, “An overview of the recent trends on the waste valorization techniques for food wastes”, *Journal of Environmental Management*, c. 233, Academic Press, ss. 352–370, Mar. 01, 2019, doi: 10.1016/j.jenvman.2018.12.041.
- [3] İ. H. Tekiner, N. N. Mercan, A. Kahraman, ve M. Özel, “Dünya ve Türkiye’de gıda israfı ve kaybına genel bir bakış”, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 3, sayı 2, ss. 123–128, Mar. 2021, doi: 10.47769/izufbed.884219.
- [4] A. N. Songür ve F. P. Çakıroğlu, “Gıda Kayıpları ve Atık Yönetimi”, *Türkiye Klin. J Nutr Diet-Special Top.*, c. 2, sayı 3, ss. 21–26, 2016, [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/319470139>.
- [5] Metro Türkiye, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve (FAO) Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, “Otel, Restoran Ve Diğer Toplu Tüketim Yerlerinde Gıda İsrafı İle Mücadele Kılavuzu”, 2021. [Çevrimiçi]. Available at: https://gidanikoru.com/_uploads/GıdanıKoruHorecaKılavuz.pdf.
- [6] M. Bilal ve H. M. N. Iqbal, “Sustainable bioconversion of food waste into high-value products by immobilized enzymes to meet bio-economy challenges and opportunities – A review”, *Food Research International*, c. 123, Elsevier Ltd, ss. 226–240, Eyl. 01, 2019, doi: 10.1016/j.foodres.2019.04.066.
- [7] European Bank, “Food Loss And Waste Sector Guidelines-Turkey”, 2021. [Çevrimiçi]. Available at: [file:///C:/Users/User/Downloads/Stage 2 - Turkey food waste sector guidelines - High res \(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Stage2-Turkeyfoodwastesectorguidelines-Highres(2).pdf).
- [8] M. Ouadi, M. A. Bashir, L. G. Speranza, H. Jahangiri, ve A. Hornung, “Food and Market Waste-A Pathway to Sustainable Fuels and Waste Valorization”, *Energy and Fuels*, c. 33, sayı 10, ss. 9843–9850, Eki. 2019, doi: 10.1021/acs.energyfuels.9b01650.
- [9] P. Rao ve V. Rathod, “Valorization of Food and Agricultural Waste: A Step towards Greener Future”, *Chem. Rec.*, c. 19, sayı 9, ss. 1858–1871, Eyl. 2019, doi: 10.1002/tcr.201800094.
- [10] K. Jögi ve R. Bhat, “Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production”, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, c. 18, Elsevier B.V., ss. 1–10, Ara. 01, 2020, doi: 10.1016/j.scp.2020.100326.
- [11] S. A. Sanchez-Vazquez, H. C. Hailes, ve J. R. G. Evans, “Hydrophobic polymers from food waste: Resources and synthesis”, *Polym. Rev.*, c. 53, sayı 4, ss. 627–694, Eki. 2013, doi: 10.1080/15583724.2013.834933.
- [12] T. H. Kwan, Y. Hu, ve C. S. K. Lin, “Techno-economic analysis of a food waste valorisation process for lactic acid, lactide and poly(lactic acid) production”, *J. Clean. Prod.*, c. 181, ss. 72–87, Nis. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.179.
- [13] J. Tang, X. Wang, Y. Hu, Y. Zhang, ve Y. Li, “Lactic acid fermentation from food waste with indigenous microbiota: Effects of pH, temperature and high OLR”, *Waste Manag.*, c. 52, ss. 278–

- 285, Haz. 2016, doi:
10.1016/j.wasman.2016.03.034.
- [14] L. Song, D. Yang, R. Liu, S. Liu, L. Dai, ve X. Dai, “Microbial production of lactic acid from food waste: latest advances, limits, and perspectives”, *Bioresour. Technol.*, s. 126052, Eyl. 2021, doi:
10.1016/j.biortech.2021.126052.
- [15] K. Sakai, P. Poudel, ve Y. Shirai, “Total Recycle System for Municipal Food Waste for Poly-L-Lactic Acid Output”, içinde *Advances in Applied Biotechnology*, M. Petre, Ed. InTech, 2012, ss. 23–40.
- [16] Y. Hu, W. A. Daoud, B. Fei, L. Chen, T. H. Kwan, ve C. S. Ki Lin, “Efficient ZnO aqueous nanoparticle catalysed lactide synthesis for poly(lactic acid) fibre production from food waste”, *J. Clean. Prod.*, c. 165, ss. 157–167, Kas. 2017, doi:
10.1016/j.jclepro.2017.07.067.
- [17] S. Galindo ve F. Ureña-Núñez, “Enhanced surface hydrophobicity of poly(lactic acid) by Co 60 gamma ray irradiation”, 2018.
- [18] B. Kaygusuz ve S. Özerinç, “3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen PLA Bazlı Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, *Makina Tasarım Ve İmalat Dergisi*, c. 16, sayı 1, ss. 1–6, 2018.
- [19] M. Çelebi ve İ. Karagöz, “Biyobozunur Polimerler Ve Özellikleri; Nişasta, Poli(Glikolik Asit), Poli(Laktik Asit) Ve Poli(Ėkaprolakton)”, içinde *Mühendislik Alanında Yeni Ufuklar*, Atilla ATİ., Mahmut Turhan, Ed. Gece Kitaplığı, 2019, ss. 275–292.
- [20] I. Üner ve E. D. Koçak, “Poli(Laktik Asit)’in Kullanım Alanları Ve Nano Lif Üretimdeki Uygulamaları”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, c. 11, sayı 22, ss. 79–88, 2012.
- [21] S. Farah, D. G. Anderson, ve R. Langer, “Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review”, *Advanced Drug Delivery Reviews*, c. 107. Elsevier B.V., ss. 367–392, Ara. 15, 2016, doi:
10.1016/j.addr.2016.06.012.
- [22] A. M. Grancarić, I. Jerković, ve A. Tarbuk, “Bioplastics in Textiles”, *Kateg. Rad.*, c. 34, sayı 1, ss. 9–14, 2013.
- [23] M. Yılmaz ve Y. Beyatlı, “Biyoplastik: Poli-β-Hidroksibütirat (PHB) 1”, *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Derg.*, c. 1, sayı 9, ss. 1–33, 2003, [Çevrimiçi]. Available at:
www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030901.pdf.
- [24] D. Öztürk ve E. Çokgör, “Turşu Endüstrisi Atıksularının Biyopolimer Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi)”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Bilimi ve Yönetimi Programı, 2020.
- [25] L. Favaro, M. Basaglia, ve S. Casella, “Improving polyhydroxyalkanoate production from inexpensive carbon sources by genetic approaches: a review”, *Biofuels, Bioprod. Biorefining*, c. 13, sayı 1, ss. 208–227, Oca. 2019, doi: 10.1002/bbb.1944.
- [26] C. Nielsen, A. Rahman, A. U. Rehman, M. K. Walsh, ve C. D. Miller, “Food waste conversion to microbial polyhydroxyalkanoates”, *Microbial Biotechnology*, c. 10, sayı 6. John Wiley and Sons Ltd, ss. 1338–1352, Kas. 01, 2017, doi: 10.1111/1751-7915.12776.
- [27] www.polymerdatabase.com, “POLYHYDROXYALKANOATES (PHAS)”, *Polymer Properties Database*, 2021.
https://polymerdatabase.com/Polymer Brands/PHA.html.
- [28] M. Kılınç, O. Tomar, ve A. Çağlar, “Biyobozunur Gıda Ambalaj Malzemeleri”, *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.*, c. 17, sayı 3, ss. 988–996, Ara. 2017, doi: 10.5578/fmbd.66307.
- [29] C. S. K. Reddy, R. Ghai, Rashmi, ve V.

- C. Kalia, “Polyhydroxyalkanoates: An overview”, *Bioresource Technology*, c. 87, sayı 2. ss. 137–146, Nis. 2003, doi: 10.1016/S0960-8524(02)00212-2.
- [30] E. Bugnicourt, P. Cinelli, A. Lazzeri, ve V. Alvarez, “Polyhydroxyalkanoate (PHA): Review of synthesis, characteristics, processing and potential applications in packaging”, *Express Polym. Lett.*, c. 8, sayı 11, ss. 791–808, Eki. 2014, doi: 10.3144/expresspolymlett.2014.82.
- [31] İ. Üçgül, S. Aras, ve D. Özdemir Küçükçapraz, “Farkli Hammadde KaynaklarindKitinin Saflastirilmasi VeTekstil Uygulamalari”, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 9, sayı 1, ss. 46–56, 2016, doi: 10.18185/eufbed.51784.
- [32] D. Özdemir, G. Schoukens, Ö. Göktepe, ve F. Göktepe, “Preparation of di-butryl-chitin scaffolds by using salt leaching method for tissue engineering and their characteristics”, *J. Appl. Polym. Sci.*, c. 109, sayı 5, ss. 2882–2887, Eyl. 2008, doi: 10.1002/app.28380.
- [33] Y. N. Tan, P. P. Lee, ve W. N. Chen, “Microbial extraction of chitin from seafood waste using sugars derived from fruit waste-stream”, *AMB Express*, c. 10, sayı 1, Ara. 2020, doi: 10.1186/s13568-020-0954-7.
- [34] I. Hamed, F. Özogul, ve J. M. Regenstien, “Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review”, *Trends Food Sci. Technol.*, c. 48, ss. 40–50, Şub. 2016, doi: 10.1016/j.tifs.2015.11.007.
- [35] S. Nisha, A. Seenivasan, ve D. Vasanth, “Chitin and its derivatives: structure, production, and their applications Biosynthesis of Chitinolytic enzymes View project Chitin and its derivatives: structure, production, and their applications”, SCOPES, 2016. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/331354549>.
- [36] V. P. Santos, N. S. S. Marques, P. C. S. V. Maia, M. A. B. de Lima, L. de O. Franco, ve G. M. de Campos-Takaki, “Seafood waste as attractive source of chitin and chitosan production and their applications”, *International Journal of Molecular Sciences*, c. 21, sayı 12. MDPI AG, ss. 1–17, Haz. 02, 2020, doi: 10.3390/ijms21124290.
- [37] N. Berezina, “Production and application of chitin”, *Physical Sciences Reviews*, c. 1, sayı 9. De Gruyter, Eyl. 30, 2016, doi: 10.1515/psr-2016-0048.
- [38] F. S. El-banna, M. E. Mahfouz, S. Leporatti, M. El-Kemary, ve N. A. N. Hanafy, “Chitosan as a natural copolymer with unique properties for the development of hydrogels”, *Applied Sciences (Switzerland)*, c. 9, sayı 11. MDPI AG, Haz. 01, 2019, doi: 10.3390/app9112193.
- [39] M. Arshad, M. Zubair, ve A. Ullah, “Miscibility, properties, and biodegradability of chitin and chitosan”, içinde *Handbook of Chitin and Chitosan*, Elsevier, 2020, ss. 377–399.
- [40] S. Pokhrel, P. N. Yadav, ve R. Adhikari, “Applications of Chitin and Chitosan in Industry and Medical Science: A Review”, *Nepal J. Sci. Technol.*, c. 16, sayı 1, ss. 99–104, 2015, doi: 10.3126/njst.v16i1.14363.
- [41] K. Kumar Gadghey ve A. Bahekar, “Studies on extraction methods of chitin from crab shell and investigation of its mechanical properties”, *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, c. 8, sayı 2, ss. 220–231, 2017, [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp?http://www.iaeme.com/IJMET/iss ues.asp?JType=IJMET&VType=8&ITy pe=2http://www.iaeme.com/IJMET/ind ex.asp221http://www.iaeme.com/ijmet/i ssues.asp?JType=IJMET&VType=8&I Type=2>.
- [42] K. Kumar Gadghey ve G. S. Sharma, “Investigation Of Mechanical Properties Of Chitosan Based Films: A

- Review”, *Int. J. Adv. Res. Eng. Technol.*, c. 8, sayı 6, ss. 93–102, 2017, [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.iaeme.com/IJARET/index.asp93http://www.iaeme.com/ijaret/issues.asp?JType=IJARET&VType=8&IType=6http://www.iaeme.com/ijaret/issues.asp?JType=IJARET&VType=8&IType=6http://www.iaeme.com/IJARET/index.asp94>.
- [43] N. K. Mathur ve C. K. Narang, “Chitin and Chitosan, Versatile Polysaccharides from Marine Animals”, *J. Chem. Educ.*, c. 67, sayı 11, ss. 938–942, 1990, [Çevrimiçi]. Available at: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>.
- [44] C. Ferrario *vd.*, “From food waste to innovative biomaterial: Sea urchin-derived collagen for applications in skin regenerative medicine”, *Mar. Drugs*, c. 18, sayı 8, 2020, doi: 10.3390/MD18080414.
- [45] M. V. Bhuiambar, P. K. Bhagwat, ve P. B. Dandge, “Extraction and characterization of acid soluble collagen from fish waste: Development of collagen-chitosan blend as food packaging film”, *J. Environ. Chem. Eng.*, c. 7, sayı 2, Nis. 2019, doi: 10.1016/j.jece.2019.102983.
- [46] M. Ahmed, A. K. Verma, ve R. Patel, “Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: A review”, *Sustain. Chem. Pharm.*, c. 18, ss. 1–13, Ara. 2020, doi: 10.1016/j.scp.2020.100315.
- [47] F. L. Huang, J. Y. Fu, ve K. B. Cheng, “Latest Trends in Textile and Fashion Designing Development of Woven Fabrics with High-Count and Cooling Collagen”, 2018, doi: 10.32474/LTTFD.2018.03.000156.
- [48] M. Meyer, H. Baltzer, ve K. Schwikal, “Collagen fibres by thermoplastic and wet spinning”, *Mater. Sci. Eng. C*, c. 30, sayı 8, ss. 1266–1271, Eki. 2010, doi: 10.1016/j.msec.2010.07.005.