



# Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi

Derleme Makale

## Biyokompozit Üretiminde Takviye Elemanı Olarak Kullanılan Tarımsal Atıkların İncelenmesi ve Türkiye'deki Tarımsal Atık Potansiyeli

 Yücel AVŞAR<sup>a,\*</sup>,  Bekir ÇEVİK<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*

\* *Sorumlu yazarın e-posta adresi: yucelavsar@duzce.edu.tr*

### ÖZ

Artan dünya nüfusunu beslemek amacıyla tarımsal üretim her geçen gün artmaktadır. Bu artışa paralel olarak hızlı tüketimin de etkisiyle tarımsal kaynaklı atıklar da hızla ortaya çıkmaktadır. Tarımsal kaynaklı atıkların doğaya zarar vermeden bertaraf edilmesi veya geri dönüşümünün yapılması çevre sağlığı açısından önem arz etmektedir. Bununla birlikte, günümüzde insanoğlunun artan ihtiyaçları nedeniyle geri dönüşümü zor olan veya olmayan hammadde kaynakları da hızla tüketilmektedir. Bu tüketimin sonucunda ortaya çıkan atıklar da çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Özellikle petrol kökenli polimer malzemelerin atıkları çevresel sorunlara neden olan en önemli atıklardan birisidir. Atıklar nedeniyle oluşan çevresel sorunlar, araştırmacıları yeni arayışlara yönlendirmiş ve artan çevre bilinciyle birlikte doğada çözünebilir malzemelere olan ilgi tekrar ortaya çıkmıştır. Biyokompozitler, biyobozunabilir polimer matris ve biyobozunabilir takviye elemanlarından oluşan ekolojik ve/veya yeşil malzeme olarak adlandırılan malzemelerdir. Sürdürülebilir ve doğa dostu olmaları sebebiyle biyokompozitler geleceğin malzemeleri olarak ifade edilmektedir. Özellikle, doğal kaynaklardan yapılan, yüksek performanslı, ucuz, ekolojik ve sürdürülebilir mühendislik malzemelerinin veya ürünlerinin gelişimi dünya çapında artmaktadır. Diğer taraftan, biyokompozit malzemelerin endüstriyel üretimi ve kullanımının daha da yaygınlaşmasıyla özellikle petrol kıtlığı ve atık yönetimi sorunları için bir çözüm sağlanabileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak değerlendirilebilen tarımsal atıklar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokompozit, geri dönüşüm, malzeme, tarımsal atık, takviye elemanı.

## Investigation of Agricultural Wastes Used as Reinforcement in Biocomposite Production and Agricultural Waste Potential in Turkey

### ABSTRACT

Agricultural production is increasing day by day in order to feed the increasing world population. In parallel with this increase, agricultural wastes are also rapidly emerging with the effect of rapid consumption. It is important for environmental health to dispose of or recycle agricultural waste without harming the nature. Furthermore, due to the increasing needs of human beings, raw material resources that are difficult or non-recyclable are also consumed rapidly. The wastes resulting from this consumption also bring along environmental problems. Especially the wastes of petroleum-based polymer materials are one of the most important wastes that cause environmental problems. Environmental problems caused by wastes have led researchers to new searches, and interest in biodegradable materials has emerged again with the increasing environmental awareness. Biocomposites are materials called ecological and/or green materials that consist of a biodegradable polymer matrix and biodegradable reinforcing elements. Biocomposites are considered the materials of the future because they are sustainable and nature-friendly. In particular, the development of high-performance, inexpensive, ecological, and sustainable engineering materials or products made from natural resources is increasing worldwide. On the other hand, it is foreseen that a solution can be provided especially for oil scarcity and waste management problems, with the industrial production and use of biocomposite materials becoming more widespread. In this study, agricultural wastes, which can be used as a reinforcement element in the production of biocomposite materials, were examined.

**Keywords:** Biocomposite, recycling, material, agricultural waste, reinforcement.

Geliş tarihi: 15/03/2023, Kabul tarihi:05 /10/2023

## 1. Giriş

Tarım, dünya genelinde stratejik öneme sahip en büyük ve en yaygın iş sektörlerinden birisidir. Dünya nüfusunun sağlıklı ve yeterli beslenmesi için gerekli olan gıda maddelerini üreterek kritik bir rol oynayan tarım sektörü aynı zamanda tarıma dayalı endüstrilerin hammadde ihtiyacını karşılanmaktadır (Kılınç ve Şahbaz Kılınç, 2007; Kaya ve Aktan, 2011; Çerçioğlu, 2019; Özkan ve ark., 2022). Başta gıda olmak üzere ilaç, tekstil, kozmetik ve enerji gibi birçok sanayi sektörüne hammadde sağlamakta olan tarım sektörü aynı zamanda tarımsal ilaç, gübre, ulaştırma, makine, imalat, vb. birçok farklı sektör için de pazar konumunda bulunmaktadır (Doğan, 2009). Öte yandan, dünya nüfusunun artmasının bir sonucu olarak her geçen gün artan tüketim talebini karşılayabilmek için daha fazla tarımsal üretim yapılmaktadır. Tarımsal üretimdeki bu artış, bir yandan gıda ve tarıma dayalı endüstrilere katkı sağlarken diğer bir yandan da üretim sonucu oluşan tarımsal atık miktarını artırmaktadır. Bu durum da, tarımsal atık yönetimini daha önemli hale getirmektedir (Çıtak ve ark., 2006; Karaman, 2006; Sümer ve ark., 2016; Kök, 2021).

Artan dünya nüfusu, sanayileşme ve sanayileşmeden kaynaklanan üretim/tüketim hızı üretimin bir gereği olan hammadde ihtiyacını sürekli artırmaktadır (Çıtak ve ark., 2006; Karaman, 2006; Yaman, 2012; Sümer ve ark., 2016; Kök, 2021). Ancak, dünyadaki hammadde kaynakları, her geçen gün artan nüfus ile beraber üretimin ve tüketimin artmasına bağlı olarak her geçen gün azalmaktadır (Yaman, 2012; Formela ve ark., 2018; Çerçioğlu, 2019; Singh ve ark., 2019). Buna bağlı olarak, dünyada son yıllarda daha da belirgin bir şekilde üretim ve tüketim kaynaklı atıklar nedeniyle çevresel sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle, doğal hammadde kaynaklarının sürdürülebilir üretimi ve daha geniş alanlarda kullanımı günümüzde daha fazla önem kazanmaktadır (Çıtak ve ark., 2006; Karaman, 2006; Yaman, 2012; Sümer ve ark., 2016; Kök, 2021). Endüstriyel hammaddelerin çevresel sorunlara yol açmadan, sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için ise bu hammaddelerin yenilenebilir doğal kaynaklardan elde edilmesi ve üretimde daha çok bu kaynakların tercih edilmesi gerekmektedir (Çıtak ve ark., 2006; Karaman, 2006; Sümer ve ark., 2016; Çerçioğlu, 2019; Kök, 2021; Özkan ve ark., 2022).

Doğada parçalanmadan uzun süre var olabilen başta petrol kaynaklı malzemelerin neden olduğu çevresel atık sorunları gün geçtikçe dünyayı daha fazla tehdit etmektedir (Formela ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019). Çevre kirliliği ve ekolojik sorunlar araştırmacıları geri dönüşüm ve atıkların değerlendirilmesi konularında farklı arayışlara yöneltmektedir (Karaman, 2006; Jambeck ve ark., 2015; Väisänen ve ark., 2017; Çerçioğlu, 2019; Kök, 2021). Ayrıca, tüm atıklarda olduğu gibi tarımsal atıkların da çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi ya da farklı alanlarda değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Çıtak ve ark., 2006; Karaman, 2006; Yaman, 2012; Sümer ve ark., 2016; Formela ve ark., 2018; Kök, 2021). Jambeck ve ark. (2015) ve Singh ve ark. (2019), tarım ve endüstriyel atıkların açık havaya boşaltılması ve yakılması çoğu ülke için ana kirlilik kaynağı olduğunu ve küresel ısınma etkisine katkıda bulunan zararlı gazlar ürettiğini ifade etmişlerdir. Bajwa ve ark. (2011) ve Väisänen ve ark. (2017), tarım endüstrisinin doğal lifli ve selülozik içerikli atıkları ürettiği ve bu atıkların da çevresel sorunlara neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Çevre güvenliği ve ekolojik kaygılar söz konusu atıkların geri dönüşümüne ve yeşil/ekolojik malzemelerde kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır. Bajwa ve ark., (2011) ve Yıldızhan ve ark. (2018), tarım ürünlerinden ve tarımsal atıklardan elde edilen doğal liflerin sentetik muadillerine göre düşük ağırlık, korozyon direnci ve yüksek mukavemet gibi avantajları olduğunu ifade etmişlerdir. Mohd Bakhori ve ark. (2022), tarım ürünlerinden ve tarımsal atıklardan elde edilen doğal liflerin iyi mekanik özelliklere sahip ve daha ucuz olduğunu, bu da onları sentetik liflerin yerine geçebilir hale getirdiğini rapor etmişlerdir. Fitzgerald ve ark. (2021), sürdürülebilir üretim için doğal lifler içeren tarımsal ürünler ve atıkların ‘Yaşam Döngüsü Mühendisliği’ için önemli bir kaynak sağladığını ve çevreye zararlı malzemelerin azaltılarak ekolojik malzemelerin üretilebileceğine katkı sağlayabileceğini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, tarımsal atıklar düşük maliyet, toksik olmama, düşük yoğunluklu olma ve geri kazanılabilme

özellikleriyle dikkat çekmektedir. Tüketicilerin çevre farkındalığının gelişmesiyle oluşan “çevre dostu üretim” talepleri, sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen, doğada kolaylıkla bozunabilen malzemelerin geliştirilmesini ve kullanılmasını daha da önemli hale getirmektedir (Bajwa ve ark., 2011; Jambeck ve ark., 2015; Väisänen ve ark., 2017; Formela ve ark., 2018; Yıldızhan ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022). Bu nedenle, geleceğin malzemesi olarak nitelendirilen “biyokompozitler” her geçen gün daha da fazla ilgi çeker duruma gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, doğa dostu malzeme üretiminde tarımsal atıkların büyük bir potansiyele sahip olduğunu ifade etmek ve bu atıkların sürdürülebilir üretime katkı sağlayabileceği konusunda farkındalığı artırmaktır.

## **2. Biyokompozit Malzeme**

Kompozit malzeme, en genel tanımı ile karma malzeme olarak isimlendirilmektedir (Şahin, 2015). Başka bir deyişle, kompozit malzeme biri matris (ana malzeme) diğeri ise takviye elemanı olmak üzere en az iki farklı malzemenin fiziksel olarak bir araya gelmesiyle elde edilen malzemelere denir (Balat, 2011; Şahin, 2015). Kompozit malzemelerde matris malzemesi olarak metaller, seramikler ve polimerler kullanılabilir. Takviye elemanı olarak ise metal, seramik, polimer ve organik malzemelerden üretilen partikül, toz, fiber, kısa fiber ve levha şeklinde güçlendirici elemanlar kullanılabilir (Lau ve ark., 2010; Balat, 2011; Bajwa ve ark., 2011; Jambeck ve ark., 2015; Şahin, 2015; Bharath ve Basavarajappa, 2016; Väisänen ve ark., 2017; Formela ve ark., 2018; Yıldızhan ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022; Sertolli ve ark., 2022).

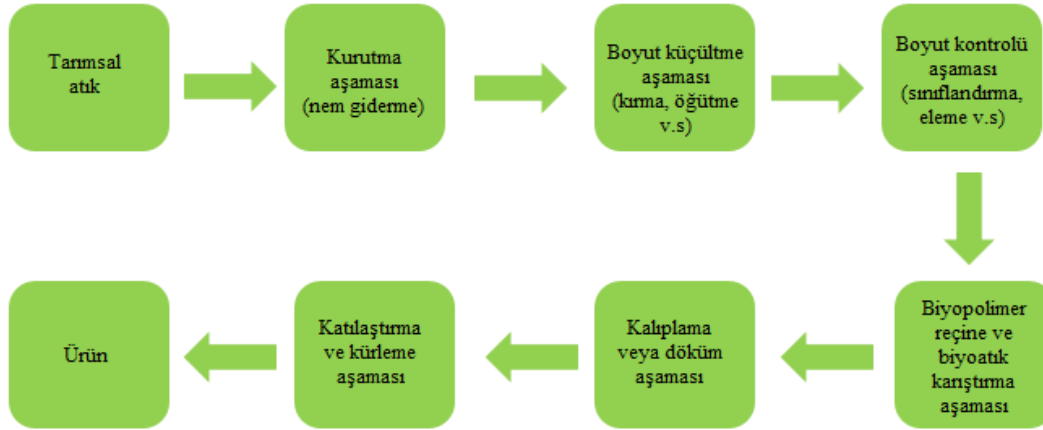
Çevre dostu olan biyokompozitler, biyobozunur polimerler (matris) ile biyobozunur özellikli takviye elemanlarının fiziksel olarak bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Matris malzemesi olarak genelde polimer ve biyopolimerler, takviye elemanı olarak ise farklı boyut ve şekillerde organik malzemeler (biyokütle) kullanılmaktadır. Dünya biyokütle üretiminin yılda 146 milyar metrik ton olduğu tahmin edilmektedir (Bajwa ve ark., 2011; Balat, 2011; Şahin, 2015; Yıldızhan ve ark., 2018; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022). Dolayısıyla, dünya çapında mevcut biyolojik kökenli organik maddelerin miktarı oldukça fazladır ve bunlar gıda, ham madde, lif ve enerji gibi birçok amaç için kullanılabilir (Balat, 2011; Şahin, 2015; Yıldızhan ve ark., 2018).

Tarımsal atıklar, biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılacak büyük bir potansiyele sahiptir. Bu organik atık maddeler içerisinde orman ürünlerinin atıkları (yonga, talaş, kabuk, dal, yaprak), sap/gövde (ayçiçeği, mısır, pamuk, domates, kolza v.b), sap-saman (buğday, arpa, çavdar, yulaf v.b), meyve kabuğu (ceviz, fındık, badem, yer fıstığı v.b) ve çekirdekleri (şeftali, kayısı, hurma, kiraz v.s) gibi tarımsal atıklar büyük yer tutmaktadır (Lau ve ark., 2010; Bajwa ve ark., 2011; Balat, 2011; Yaman, 2012; Jambeck ve ark., 2015; Şahin, 2015; Bharath ve Basavarajappa, 2016; Väisänen ve ark., 2017; Formela ve ark., 2018; Yıldızhan ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019; Fitzgerald ve ark., 2021; Núñez-Decap ve ark., 2021; Gairola ve ark., 2022; Mohd Bakhori ve ark., 2022; Sertolli ve ark., 2022). Bu tür tarımsal atıklar, sürdürülebilir ve çevre dostu hammadde ihtiyacının karşılanması bakımından büyük bir öneme sahiptir (Bajwa ve ark., 2011; Jambeck ve ark., 2015; Väisänen ve ark., 2017; Yıldızhan ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022).

## **3. Biyokompozit Malzeme Üretimi**

Biyokompozit malzeme üretimi, kullanılan matris malzemeleri ve takviye elemanlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekle beraber genel olarak Şekil 1'deki aşamalardan oluşmaktadır. Tarımsal atık katkılı biyokompozit malzeme üretiminde ilk aşamada tarımsal atıkların ayrıştırılması ve boyut küçültülmesidir. Bu işlemler esnasında gerektiğinde yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi de uygulanabilmektedir. Boyut küçültme işlemi kesme, kırma, kırma, öğütme v.b işlemlerle yapılmaktadır. Boyut küçültme aşamasından geçen tarımsal

atıklar eleme ve sınıflandırma yöntemleri ile boyut kontrolü yapılarak nem kontrolü için tekrar yüksek sıcaklıkta kurutulmaktadır. Takviye elemanı olarak üretilen tarımsal atık katkı maddeleri biyopolimer reçineler ile karıştırılarak kalıplama veya döküm işlemi uygulanır. Bu aşamadan sonra katılaştırma ve kütleme işlemleri uygulanarak biyokompozit ürün elde edilir (Núñez-Decap ve ark., 2021; Kumar ve Saha, 2022).



Şekil 1. Biyokompozit malzeme üretim aşaması

#### 4. Biyokompozit Üretiminde Kullanılan Tarımsal Atıklar

Dünyada, her geçen gün artan ve çevresel problemlere neden olan atıklar nedeniyle sürdürülebilir üretimin devamlılığı için ekonomik ve ekolojik özellikli malzemeler konusunda arayışlara yönelim söz konusudur (Bajwa ve ark., 2011; Balat, 2011; Jambeck ve ark., 2015; Şahin, 2015; Väisänen ve ark., 2017; Yıldızhan ve ark., 2018; Singh ve ark., 2019; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022). Özellikle son on yılda, düşük maliyetli, hafif, yenilenebilir ve çevre dostu olmaları gibi sahip oldukları birçok avantajlar nedeniyle doğal liflere/partiküllere olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Lau ve ark., 2010; Balat, 2011; Şahin, 2015; Bharath ve Basavarajappa, 2016; Yıldızhan ve ark., 2018; Fitzgerald ve ark., 2021; Mohd Bakhori ve ark., 2022; Sertolli ve ark., 2022). Araştırmacılar, tarımsal atıklardan elde edilen doğal liflerle veya partiküllerle takviyelendirilmiş biyokompozit malzemelerin üretimi ve özelliklerinin belirlenmesi konusunda yoğun çalışmalar yapmaktadır. Çizelge 1’de biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılan tarımsal atıklar verilmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında çam, meşe, palmye, okaliptüs, huş ağacı gibi ağaçlardan elde edilen doğal liflerin kompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılabilirliği görülmüştür. Bununla birlikte, pirinç, mısır, pamuk, şeker kamışı, keten, kenevir, çay, ananas gibi bitkilerin kabuk ve/veya sap lifleri de kompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılabilirliği rapor edilmiştir. Ayrıca zeytin, kiraz, şeftali gibi meyvelerin sert çekirdekleri ile fıstık, fındık, ceviz gibi meyvelerin sert kabukları da öğütülüp toz formuna getirildikten sonra biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılabilirliği konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Tarımsal üretimde bitki çeşitliliği göz önüne alındığında, bu bitkilerin ortaya çıkacak atıkları nedeniyle biyokompozit malzeme üretiminde kullanılacak doğal takviye elemanı potansiyelinin de ne kadar yüksek olduğu görülecektir. Dolayısıyla, yerel ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen doğal lifler/partiküller önemli ölçüde sürdürülebilirlik sunmaktadır (Bharath ve Basavarajappa, 2016; Núñez-Decap ve ark., 2021; Gairola ve ark., 2022).

Çizelge 1. Biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılan tarımsal atıklar

Tarımsal ürün türü	Tarımsal atık	Matris malzemesi	Referans
Pirinç, Ceviz	Pirinç kabuğu, Ceviz kabuğu	Mısır nişastası reçinesi	Sing ve ark., 2019
Çam, Kenaf	Odun unu, Kenaf lifleri	Polihidroksibutirat (PHB)	Kuciel and Liber-Kneć, 2011
Meşe Ağacı, Pamuk, Guayule	Meşe ağacı lifi, Pamuk tohum kabukları ve dalları, Pamuk tohum kabukları ve dalları (İkinci kesim linter), Guayule bitkisi, Guayule küspesi	Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)	Bajwa ve ark., 2011
Palmiye	Palmiye lifi	Polikaprolakton (PCL)	Dhokal ve ark., 2018
Muz	Muz lifi	Muz özü maleatı (BSM)	Paul ve ark., 2015
Mısır, Buğday, Çim	Mısır koçanı, Buğday samanı, Çim lifleri	Soya fasulyesi yağı, Mısır yağı, Menhaden balık yağı, Keten tohumu yağı	Pfister ve Larock, 2011
Keten, Kenevir	Keten lifi, Kenevir lifi	Akrilatlı epoksitlenmiş soya yağı (AESO), Maleinize soya yağı monogliseric (SOMG/MA), Maleinize hidroksile yağ (HO/MA)	Khot ve ark., 2001
Hindistan Cevizi	Hindistan cevizi lifi	Manyok nişastası	Lomeli Ramirez ve ark., 2011
Manila keneviri	Manila kenevir lifi	Nişasta	Ochi, 2006
Muz, Şeker Kamışı	Muz lifi, Şeker kamışı küspesi lifleri	Mısır nişastası	Guimarães, 2010
Sisal	Sisal lifi	Nişasta bazlı polimer	Alvarez ve ark., 2005
Ananas	Ananas lifi	Poli(hidroksibutirat-co-valerate) (PHBV)	Luo ve Netrevali, 1999
Huş ağacı, Palmiye, Okaliptüs	Huş ağacı lifi, Palmiye lifi, Okaliptüs lifi	Epoksi reçine ve sertleştirici	Sarikaya ve ark., 2019
Pamuk, Ramie	Pamuk lifi, Ramie lifi	Epoksi reçine, Termoset reçine	Müssig, 2008
Bambu	Bambu lifi	Epoksi reçine ve sertleştirici	Biswas, 2012
Hindistan Cevizi, Pamuk	Hindistan cevizi kabuğu lifi, Pamuk lifi	Reçine (Benzoil Peroksit BPO), Sertleştirici (Metil Etil Keton Peroksit) (MEKP)	Varghese ve ark., 2021
Hint Keneviri, Kapok	Hint keneviri lifi, Kapok lifi	Termoplastik manyok nişastası (TPCS)	Prachayawarakorn ve ark., 2013
Kudzu	Kudzu lifi	Polipropilen reçine, Maleik anhidrit aşıl原因mış polipropilen reçine	Luo ve ark., 2002
Rami	Rami lifi	İminazol katkılı epoksi reçine	Liu ve Cheng, 2016
Roselle	Roselle lifi	Epoksi reçine	Darmendra ve ark., 2011
Çam, Şeftali, Kiraz	Çam talaşı, Şeftali çekirdeği, Kiraz çekirdeği	Polipropilen	Núñez-Decap ve ark., 2021
Mısır	Mısır koçanı	Polipropilen	Gairola ve ark., 2022
Fıstık	Fıstık kabuğu	Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)	Obasi, 2015
Patates	Patates posası	Poli (3-hidroksibutirat-CO-3-Hidroksivalerat) (PHBV)	Righetti ve ark., 2019
Zeytin	Zeytin çekirdeği	Geri dönüştürülmüş polipropilen	Jurado-Contreras ve ark., 2022
Fındık	Fındık kabuğu	Biyolojik olarak parçalanabilen polyester Mater-Bi	Ceraulo ve ark., 2022
Çay	Çay lifi	Biyo bazlı epoksi reçine	Borah ve Karak, 2023

Tarımsal atıklardan elde edilen biyo takviye elemanları ile kompozit malzeme üretiminde matris malzemesi olarak hem polimer reçineler hem de biyo bazlı reçineler kullanılabilir. Ayrıca matris malzemelerinin çeşitliliği de biyokompozit malzeme üretiminde kombinasyon yapılabilecek çok fazla alternatifin olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, takviye elemanlarının ve matris malzemelerinin uygun eşleştirilmesi ve üstün özellikli kompozit malzemelerin geliştirmesi ile biyokompozitlerin yeni pazarlara girme ve böylece talep artışını teşvik etme potansiyeli mevcuttur (Lau ve ark., 2010; Balat, 2011; Şahin, 2015; Bharath ve Basavarajappa, 2016; Fitzgerald ve ark., 2021; Núñez-Decap ve ark., 2021; Gairola ve ark., 2022; Sertolli ve ark., 2022).

## 5. Türkiye'deki Tarımsal Atık Potansiyeli

Literatürde, biyokompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanılmış olan tarımsal atıklar ve tarımsal atıkların elde edildiği tarımsal ürünler Çizelge 1'de belirtilmiştir. Bu tarımsal ürünlerden ülkemizde tarımı yapılan veya biyokompozit malzeme üretiminde potansiyel olarak kullanılabilen öngörülen tarımsal ürünler ve 2022 yılına ait üretim miktarları Çizelge 2'de belirtilmiştir (Anonim, 2023). Üretim miktarları referans alındığında, ilgili ürünler hasat edilirken veya işlenirken oluşabilecek (sap, saman, gövde, kabuk, koçan, çekirdek, vb.) tarımsal atıkların potansiyel öngörülebilir. Ayrıca, ülkemizde tarımı yapılan buğday, pirinç, mısır, patates gibi ürünlerin üretim miktarı, literatürde biyobozunabilir reçine üretiminde hammadde olarak kullanılan nişasta eldesi için yeterince potansiyel taşımaktadır.

Çizelge 2. Türkiye'de tarımı yapılan ve atıkları biyokompozit malzeme üretiminde kullanılabilir potansiyel tarımsal ürünlerin 2022 yılı üretim miktarı (ton)

Ürün	Üretim Miktarı (ton)	Ürün	Üretim Miktarı (ton)
Buğday	19.750.000	Erik	348.750
Mısır	8.500.000	Ceviz	335.000
Arpa	8.500.000	Antep Fıstığı	239.289
Patates (diğer)	5.200.000	Badem	190.000
Üzüm	4.165.000	Yerfıstığı	186.340
Zeytin	2.976.000	Vişne	176.770
Pamuk (kütü)	2.750.000	Trabzon hurması	97.560
Ayçiçeği	2.550.000	Kestane	80.200
Çay	1.300.000	Nane	26.911
Şeftali	1.008.185	Keçiboynuzu	25.106
Muz	997.244	Zerdali	20.832
Çeltik	950.000	Kızılıcık	13.750
Kayısı	803.000	Şeker kamışı	237
Fındık	765.000	Kenevir	31
Kiraz	656.041	Keten	6

## 6. Biyokompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozitler için doğal liflerin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Başta otomotiv, yapı, mobilya ve paketleme sektörleri olmak üzere biyomedikal, elektronik, havacılık, sensör teknolojisi, ilaç salımı, aktüatörler, kâğıt, elektro akustik cihazlar, ultra filtre edici membranlar, inşaat malzemeleri ve yapı bileşenleri, protez ve implantlar gibi birçok farklı konu ve endüstride biyokompozit malzemeler kullanılmıştır (Akampumuza ve ark., 2016; Reddy ve ark., 2016; Bhat ve ark., 2017; Zahid Rayaz Khan ve Srivastava, 2018; Ilyas ve Sapuan, 2020; Ahmad ve ark., 2022; Manu ve ark., 2022). Biyokompozit malzemelerin kullanımı ile ilgili otomotiv sektöründe günümüze kadar çokça çalışma yapılmıştır. Ford,

Mercedes Benz, Volkswagen, Audi, Toyota, BMW, Mazda, Fiat, GM, Chrysler gibi birçok otomobil üreticisi firma, araçların döşeme, arka raf, kapı iç paneli, stepne, koltuk, iç ve dış kaplamalar ve paspas gibi kısımlarında doğal lif katkılı biyokompozit malzemeler kullanmışlardır (Akampumuza ve ark., 2016; Bharath ve Basavarajappa, 2016).

## 7. Sonuçlar

Gün geçtikçe artan dünya nüfusunun beraberinde gelen ihtiyaçlar, özellikle geri dönüşümü olmayan petrol kaynaklı hammadde kaynaklarının hızla tükenmesine sebep olmaktadır. Artan enerji fiyatları ve buna bağlı olarak her geçen gün yükselen geri dönüşüm maliyetleri, yaşadığımız dünyanın petrol kaynaklı atıklarla her geçen gün daha da kirlenmesi gibi nedenler, doğada bozunabilir çevreci teknolojileri ön plana çıkarmaktadır. Tarımsal atık ve ürünlerden elde edilebilen biyokompozit malzemeler konusunda yapılan çalışmalar, biyobozunabilir polimer matris ve biyobozunabilir takviye elemanı konularına ilginin daha da artmasına sebep olmuştur. Literatürde günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar her ne kadar biyokompozit malzeme üretimi konusunda bir temel oluşturmuş olsa da, dünyadaki bitki çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, farklı bitkisel hammaddeler ile bu hammaddeler kullanılarak oluşturulacak biyokompozit malzemelerin üretiminde tercih edilecek matris elemanı, metod, takviye elemanı oranı v.b. parametrelerin kombinasyonları denenerek oluşacak olan yeni malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi için çokça yeni çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ayrıca, ülkemizde mevcut bulunan tarımsal atık ve biyobozunabilir reçine üretiminde kullanılabilir hammadde potansiyeli sayesinde, biyokompozit malzeme üretimi ile ilgili yapılacak olan çalışmalar, hem tarımsal atıkların değerlendirilerek katma değerli ürünlere dönüşmesini sağlayabilir hem de çevre dostu, doğada bozunabilir malzemeler üreterek geri dönüşüm maliyetlerine ve doğal yaşama pozitif katkılar sunabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında desteklenmiştir. Proje numarası: 2022.11.01.1369

## Yazarların Çıkar Çatışması ve Katkı Oranı Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını ve çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## Etik Onay Beyanı

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

## Kaynaklar

- Ahmad, H., Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K., Sadiq, R. 2022. A Comprehensive review on construction applications and life cycle sustainability of natural fiber biocomposites. *sustainability*, 14(23): 15905.
- Akampumuza, O., Wambua, P. M., Ahmed, A., Li, W., Qin, X.-H. 2016. Review of the applications of biocomposites in the automotive industry. *Polymer Composites*, 38(11): 2553–2569.
- Alvarez, V. Vázquez, A., Bernal, C. 2005. Fracture behavior of sisal fiber-reinforced starch-based composites. *Polymer Composites*, 26(3): 316–323.
- Anonim, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 06.03.2023).
- Bajwa, S. G., Bajwa, D. S., Holt, G., Coffelt, T., Nakayama, F. 2011. Properties of thermoplastic composites with cotton and guayule biomass residues as fiber fillers. *Industrial Crops and Products*, 33(3): 747–755.

- Bajwa, S.G., Bajwa, D.S., Holt, G.A., Coffelt, T.A., Nakayama, F.S. 2011. Properties of thermoplastic composites with cotton and guayule biomass residues as fiber fillers. *Industrial Crops and Products*, 33: 747-755.
- Balat, M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Conversion and Management*, 52(2): 858–875.
- Bharath, K. Basavarajappa, S. 2016. Applications of biocomposite materials based on natural fibers from renewable resources: a review. *Science and Engineering of Composite Materials*, 23(2): 123-133.
- Bhat, A.H., Dasan, Y.K., Khan, I., Jawaid, M. 2017. Cellulosic biocomposites: potential materials for future: Green Biocomposites, Jawaid, M., Salit, M., Alothman, O., Springer, Germany, 69–100. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-49382-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49382-4_4).
- Biswas, S. 2012. Mechanical properties of bamboo-epoxy composites a structural application. *Advances in Materials Research*, 1(3): 221-231.
- Borah, N., Karak, N. 2023. Green composites of bio-based epoxy and waste tea fiber as environmentally friendly structural materials. *Journal of Macromolecular Science, Part A*.
- Ceraulo, M., La Mantia, F. P., Mistretta, M. C., Titone, V. 2022. The use of waste hazelnut shells as a reinforcement in the development of green biocomposites. *Polymers*, 14(11): 2151.
- Çerçioğlu, M. 2019. Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33 (1): 167-177.
- Çıtak S., Sönmez S., Öktüren F. 2006. Bitkisel kökenli atıkların tarımda kullanılabilme olanakları. *Derim*. 23(1): 40-53.
- Dhakal, H., Bourmaud, A., Berzin, F., Almansour, F., Zhang, Z., Shah, D. U., ve Beaugrand, J. 2018. Mechanical properties of leaf sheath date palm fibre waste biomass reinforced polycaprolactone (PCL) biocomposites. *Industrial Crops and Products*, 126: 394–402.
- Dharmendra, B. V., Vivek, S., Ramu, P., Srinivasan, T., Suresh, G., Meenakshi, C.M., Lavanya, R. 2021. Static investigation of roselle waste powder reinforced bio polymer composite. *Journal of Physics: Conference Series*, 2054(1): 1-8.
- Doğan, A. 2009. Ekonomik gelişme sürecine tarımın katkısı: Türkiye örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9 (17): 365-392.
- Fitzgerald, A., Proud, W., Kandemir, A., Murphy, R. J., Jesson, D. A., Trask, R. S., Hamerton, I., Longana, M. L. 2021. A Life Cycle engineering perspective on biocomposites as a solution for a sustainable recovery. *Sustainability*, 13(3): 1160.
- Formela, K., Zedler, L., Hejna, A., Tercjak, A. 2018. Reactive extrusion of bio-based polymer blends and composites – Current trends and future developments. *Express Polymer Letters*, 12: 24-57.
- Gairola, S., Naik, T.P., Sinha, S., Singh, I. 2022. Corncob waste as a potential filler in biocomposites: A decision towards sustainability, *Composites Part C: Open Access*, 9.
- Guimarães, J. L., Wypych, F., Saul, C. K., Ramos, L. P., Satyanarayana, K. G. 2010. Studies of the processing and characterization of corn starch and its composites with banana and sugarcane fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, 80(1): 130–138.
- Gurunathan, T., Mohanty, S., ve Nayak, S. K. 2015. A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 77: 1–25.



- Ilyas, R. A., Sapuan, S. M. 2020. Biopolymers and biocomposites: chemistry and technology. *Current Analytical Chemistry*, 16(5): 500–503.
- Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law, K., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347: 768-771.
- Jurado-Contreras, S., Navas-Martos, F. J., Rodríguez-Liébana, J. A., Moya, A. J., La Rubia, M. D. 2022. Manufacture and characterization of recycled polypropylene and olive pits biocomposites. *Polymers*, 14(19): 4206.
- Karaman S. 2006. Hayvansal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm olanakları. *Journal of Science and Engineering*, 9 (2): 133-139.
- Kaya P., Aktan H. E. 2011. Türk tarım sektörü verimliliğinin parametrik olmayan bir yöntemle analizi. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*. 3(1): 261-282.
- Khot, S. N., Lascala, J. J., Can, E., Morye, S. S., Williams, G. I., Palmese, G. R., Wool, R. P. 2001. Development and application of triglyceride-based polymers and composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 82(3): 703–723.
- Kılınç E. C., Şahbaz Kılınç N. 2021. Türkiye’de tarımsal üretim-gelir ilişkisi: düzey-2 bölgeleri üzerine bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*. (2): 177-192.
- Kök F. 2021. Organik atıkların yönetimi, geri dönüşümü ve uygulamaları. *UCBAD*. 4(2): 99-108.
- Kuciel, S., Liber-Kneć, A. 2011. Biocomposites based on PHB filled with wood or kenaf fibers. *Polimery*, 56(3): 218-223.
- Kumar, S., Saha, A. 2022. Effects of particle size on structural, physical, mechanical and tribology behaviour of agricultural waste (corn cob micro/nano-filler) based epoxy biocomposites. *J Mater Cycles Waste Manag* 24: 2527–2544.
- Lau, K., Ho, M., Au-Yeung, C., Cheung, H. 2010. Biocomposites: their multifunctionality. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 1(1): 13–27.
- Liu, X., Cheng, L. 2016. Influence of plasma treatment on properties of ramie fiber and the reinforced composites. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 31(15): 1723–1734.
- Lomelí Ramírez, M. G., Satyanarayana, K. G., Iwakiri, S., de Muniz, G. B., Tanobe, V., Flores-Sahagun, T. S. 2011. Study of the properties of biocomposites. Part I. Cassava starch-green coir fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, 86(4): 1712–1722.
- Luo, S., Netravali, A. N. 1999. *Journal of Materials Science*, 34(15): 3709–3719.
- Luo, X., Benson, R. S., Kit, K. M., Dever, M. 2002. Kudzu fiber-reinforced polypropylene composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 85(9): 1961–1969.
- Manu, T., Nazmi, A. R., Shahri, B., Emerson, N., Huber, T. 2022. Biocomposites: A review of materials and perception. *Materials Today Communications*, 31(10): 1-10.
- Mohd Bakhori, S. N., Hassan, M. Z., Mohd Bakhori, N., Jamaludin, K. R., Ramlie, F., Md Daud, M. Y., Abdul Aziz, S. 2022. Physical, mechanical and perforation resistance of natural-synthetic fiber interply laminate hybrid composites. *Polymers*, 14(7): 1322.
- Müssig, J. 2008. Cotton fibre-reinforced thermosets versus ramie composites: a comparative study using petrochemical- and agro-based resins. *Journal of Polymers and the Environment*, 16(2): 94–102.

- Núñez-Decap, M., Wechsler-Pizarro, A., Vidal-Vega, M. 2021. Mechanical, physical, thermal and morphological properties of polypropylene composite materials developed with particles of peach and cherry stones. *Sustainable Materials and Technologies*, 29: 1-7.
- Obasi, H. C. 2015. Peanut husk filled polyethylene composites: effects of filler content and compatibilizer on properties. *Journal of Polymers*, 2015, 1–9.
- Ochi, S. 2006. Development of high strength biodegradable composites using Manila hemp fiber and starch-based biodegradable resin. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37(11): 1879–1883.
- Özkan, G., Gültekin Subaşı, B., Kamiloğlu Beştepe, S. Çapanoğlu Güven, E. 2022. Sürdürülebilir gıda ve tarımsal atık yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2): 145-160.
- Paul, V., Kanny, K., Redhi, G. G. 2015. Mechanical, thermal and morphological properties of a bio-based composite derived from banana plant source. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 68: 90–100.
- Pfister, D. P., Larock, R. C. 2011. Cationically cured natural oil-based green composites: Effect of the natural oil and the agricultural fiber. *Journal of Applied Polymer Science*, 123(3): 1392–1400.
- Prachayawarakorn, J., Chaiwatyothin, S., Mueangta, S., Hanchana, A. 2013. Effect of jute and kapok fibers on properties of thermoplastic cassava starch composites. *Materials ve Design*, 47: 309–315.
- Reddy, T. R. K., Kim, H.-J., Park, J.-W. 2016. Renewable biocomposite properties and their applications. *Composites from Renewable and Sustainable Materials*. 10: 177-197.
- Righetti, M. C., Cinelli, P., Mallegni, N., Stäbler, A., Lazzeri, A. 2019. Thermal and mechanical properties of biocomposites made of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) and potato pulp powder. *Polymers*, 11(2): 308.
- Sarikaya, E., Çallioğlu, H., Demirel, H. 2019. Production of epoxy composites reinforced by different natural fibers and their mechanical properties. *Composites Part B: Engineering*, 167:461-466.
- Satyanarayana, K. G., Arizaga, G. G. C., Wypych, F. 2009. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview. *Progress in Polymer Science*, 34(9): 982–1021.
- Sertolli, A., Gabnai, Z., Lengyel, P., Bai, A. 2022. Biomass Potential and Utilization in Worldwide Research Trends—A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(9): 5515.
- Singh, T., Gangil, B., Patnaik, A., Biswas, D., Fekete, G. 2019. Agriculture waste reinforced corn starch-based biocomposites: effect of rice husk/walnut shell on physicomechanical, biodegradable and thermal properties. *Materials Research Express*, 6(4): 436-450.
- Singh, T., Tejyan, S., Patnaik, A., Singh, V., Zsoldos, I., Fekete, G. 2019. Fabrication of waste bagasse fiber-reinforced epoxy composites: Study of physical, mechanical, and erosion properties. *Polymer Composites*, 40(9): 3777–3786.
- Sümer, S. K., Kavdir, Y., Çiçek, G. 2016. Türkiye de tarımsal ve hayvansal atıklardan biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19: 379–387.
- Şahin, Y. 2015. Kompozit Malzemelere Giriş. Seçkin Yayınevi, İstanbul, 31-128.
- Väisänen, T., Das, O., ve Tomppo, L. 2017. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. *Journal of Cleaner Production*, 149: 582–596.

- Varghese, J. T., Sarath Raj, N. S., Jiji, G. 2021. Development of biodegradable composites and investigation of mechanical behaviour. *Materials Today: Proceedings*, 38: 3378–3385.
- Yaman K. 2012. Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*. 12(2): 339-348.
- Yıldızhan, Ş., Çalık, A., Özcanlı, M. Serin, H. 2018. Bio-composite materials: a short review of recent trends, mechanical and chemical properties, and applications. *European Mechanical Science*, 2(3): 83-91.
- Zahid Rayaz Khan, M., Srivastava, S. K. 2018. Development, characterization and application potential of bio-composites: a review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 404: 012028.

**Alıntı için:** Avşar, Y., Çevik, B. 2023. Biyokompozit üretiminde takviye elemanı olarak kullanılan tarımsal atıkların incelenmesi ve Türkiye’deki tarımsal atık potansiyeli. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1):15-25.

**To cite:** Avşar, Y., Çevik, B. 2023. Investigation of agricultural wastes used as reinforcement in biocomposite production and agricultural waste potential in Turkey. *Journal of Agriculture Faculty of Duzce University*, 1(1):15-25.