

Yeşil Kompozitlerde Biyopolimerlerin Kullanımının Önemi

Benek HAMAMCI¹, Meltem ÇİFTÇİ¹, Tuğba AKTAŞ¹

¹Kafkas Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kars, Türkiye

Geliş Tarihi: 15.02.2018

Kabul Tarihi: 10.05.2018

*Sorumlu Yazar: benekhamamci@kafkas.edu.tr

Özet

Polimerler; hafif, ucuz, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, dekoratif, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Fakat doğada yok oluş süreleri uzundur ve genellikle petrokimyasal olarak üretilirler. Yeşil kimya ve yeşil üretimin önem kazandığı günümüz teknolojilerinde ise doğal malzemelerden polimer üretimi ile daha çevre dostu polimerler araştırılıp imalatları yapılmıştır. Bu tür polimerler biyolojik materyallerden ve doğada kolaylıkla parçalanabilen, çevreye zarar vermeyen tamamen organik olan biyopolimerler olarak geliştirilmiştir. Bu derlemenin amacı kısaca yeşil kompozit malzeme üretiminde kullanılan polimer yapıların araştırılması ve gelecek için neler yapılabileceğinin belirlenmesidir. Araştırma sonucunda yeşil üretimin ve çevre sorunlarını engellemenin önemli olduğu günümüz kimyasında, mühendislik çalışmaları ve malzeme üretimi açısından önemli olan polimer tipleri belirlenmiş ve gelecekte üretilebilecek kompozit materyallerin bağlayıcısı olarak biyopolimerlerin kullanımının çevre açısından önemi ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kompozitler, Polimer, Biyopolimer, Yeşil kompozitler

In The Green Composite Importance of the Use of Biopolymers

Abstract

Polymers are light, inexpensive, mechanical properties are often sufficient, easy to shape, suitable for use in different purposes, decorative, chemically inert and corrosion resistant materials. The extermination time of the polymers are very long in nature and they are usually produced petrochemically. In today's technology more environmentally polymers production with natural materials which green chemistry and green production are very important. were searched and fabricated. Such polymers have been developed as biopolymers, easily decomposed in nature and harmless to the environment have been developed as fully organic biopolymers. The purpose of this review is briefly to investigate the polymer structures used in the production of green composite materials and to determine what can be done for the future. As a result of research, it is important to prevent green production and environmental problems, engineering studies and polymer types that are important for material production have been identified. The environmental implications of the use of biopolymers as binders for composite materials that can be produced in the future.

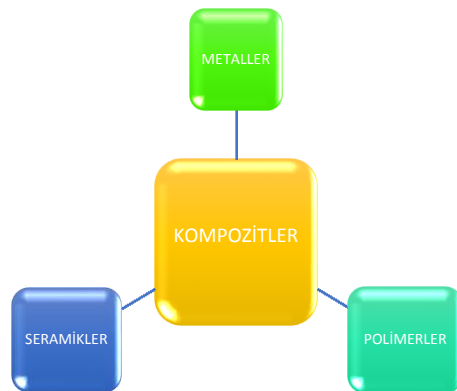
Keywords: Composite, Polymer, Biopolymer, Bioplastic, Green composite

1. Giriş

Biyopolimerler, biyokütle tarafından doğal süreç içerisinde meydana getirilen, doğal ortamda bulunan mikroorganizmalar tarafından parçalandığında, çevresel kirliliğe sebebiyet vermeyecek şekilde bileşenlerine ayrılan ve bu nedenle yeşil materyaller kavramı dâhilinde kategorize edilen polimerlerdir. Genel olarak malzemeler; metal, seramik ve polimerler olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenebilir (Şekil 1). Bu üç grupta malzemelerin baskın ve zayıf tarafları bulunur. Gelişen teknolojiye bağlı olarak bu malzemelerden iki veya daha fazlasının baskın niteliklerini tek bir malzeme toplaması amacıyla içyapıları aynı kalacak şekilde birleştirilerek üretilen yeni malzeme kompozit malzemedir (Kaya, 2016; Kaya, 1995).

Kompozit, iki veya daha fazla bileşenden oluşan bir malzeme anlamına gelmektedir. Kompozit malzeme özet olarak ‘iki veya daha fazla bileşenin ara yüzey boyunca bir araya gelmesiyle oluşan yapılar’ şeklinde açıklanabilir. Kompozit yapı oluşturulurken bileşenler genellikle özelliklerini korurlar (Rosato, 1997; Yurttaş, 2000).

Çağımızın getirmiş olduğu yenilikler neticesinde üstün özelliklere sahip malzeme gereksinimi giderek artmaktadır. Gereksinimler kompozit malzemenin geliştirilmesi için ana etken olmuştur. Son yıllarda elyaf takviyeli polimer matrisli kompozit malzemelerin üretimi havacılık, savunma, ev aletleri ve iş ekipmanları yapı sektörü, gıda sektörü, korozyon dayanımlı ürünler, elektrik ve elektronik, denizcilik, otomotiv gibi çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanımı oldukça artmıştır (Yurttaş, 2000; Durgun, 2014).



Şekil 1. Kompozit Malzemeler

Kompozitler, malzemenin kullanım amacına ve üretim tekniğine göre metal, seramik veya polimer malzemedan oluşabilirler. Metal matrisli kompozit malzemeler; ana malzemeleri çeşitli metal ve metal alaşımı olan kompozitlerdir. Metal matris yapı malzemeler, metal esaslı yapı içine gömülen takviye elemanı farklı geometrik şekilde olabilirler. Metal esaslı malzemelerin takviye edildikleri malzemelere göre nitelikleri değişebilmektedir.

Seramiklerin yüksek elastiklik modülü ile metallerin plastik şekil değiştirme özellikleri bir araya getirilerek aşınmaya direnci kuvvetli ve gerilme mukavemeti yüksek malzemeler elde edilebilir. Seramik matrisli kompozit malzemeler; seramik malzemeler, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve hafif oldukları ($d= 1,5 - 3,0 \text{ gr/cm}^3$) için oldukça kullanışlıdır. Yüksek sıcaklıkta çalışması gereken yerlerde seramik esaslı kompozit malzemeler tercih edilebilir. Sert ve kırılğan olduklarından çok düşük süneklik ve tokluğa sahiptirler ayrıca termal şoklara karşı dayanıksızdırlar. Bu nedenle çoğunlukla liflerle takviye edilirler. Buna karşılık çok yüksek elastiklik modülüne ve çok yüksek çalışma sıcaklıklarına sahiptirler. Seramik kompozitler, yüksek sıcaklıklara karşı çok iyi dayanım göstermekle birlikte rijit ve gevrek bir yapıya sahiptirler. Ayrıca elektriksel olarak çok iyi yalıtkan özelliği gösterirler (Yurtaş, 2000; Seydibeyoğlu, 2012).

Kompozit malzemelerin daha önce kullanılan malzemelere oranla daha çeşitli ürün sağlayabilme özelliğinden dolayı endüstriyel alanda kullanımı oldukça yaygındır. Bu alanda kullanılan kompozitlerden en yaygın olanı cam elyafıdır. Cam Elyaf Takviyeli Plastiklerin (CTP) imalatında el yatırması, vakumlama ve infüzyon gibi yöntemler kullanılmaktadır (Durgun, 2014). Fakat aşınma direncinin düşük olmasından ve yüzeyde meydana gelen pürüzlerden dolayı kullanım alanları sınırlıdır (Akçin, 2011; Durgun, 2014). Kompozit malzemelerin gittikçe daha yaygın bir biçimde kullanılıyor olması ve ömrünü tamamlayan kompozit atıklarının yok edilmesini çok önemli bir sorun haline getirmiştir. Bu çalışmada oluşan atıkların çevreye zarar vermeden en kısa yoldan doğaya geri dönüştürülmesi ve atıkların biyobozunur olmasının önemi bu derlemede incelenmiştir.

2. Polimerler

Polimerler; hafif ve ucuz olmaları, kolay şekillenebilmeleri ve farklı amaçlar için kullanılabilmelerinin yanında korozyona uğramayan yapılardır. Öncelikle kaplama sanayinde olmak üzere endüstride birçok alanda tercih edilen polimerlerin küresel olarak ihtiyacı günden güne artmaktadır. Polimerler, ihtiyaç doğrultusunda istenilen özelliklere sahip, kalıplama kolaylığından elektrik kablolarına kadar uzanan ve daha birçok geniş uygulama alanında kullanılabilen malzemelerdir (Board, 2012; Yoruç, 2017).

Ticari olarak kullanılan polimerler, doğal gaz ve petrol gibi biten kaynakların %5'inin bu alanda kullanılmasıyla elde edilirler. Endüstriyel olarak üstün mekanik ve termal özelliklerinin olması polimerleri birçok alanda tercih edilen malzemeye dönüştürmüştür. Fakat polimerler kolay doğada yok edilemediği ve petrol kaynakları gibi tükenir kaynaklardan elde edildiklerinden çevreye zararları bilinmektedir. Sadece çok maliyetli işlemler sonucunda parçalanarak yok edilebildiklerinden ve polimer üretim sektöründe hem süreklilik hem de çevre uyumu açısından yeni organik polimerler arayışları ortaya çıkmıştır (Yoruç, 2017; Miller, 2013).

Günlük hayatta kullanılan polimerlerin çoğunun ana zincirinin temel bileşeni karbon atomudur. Organik polimerler yapılarında karbon yanında genelde hidrojen, oksijen, azot ve halojen atomu bulunmaktadır. Sentetik ve doğal polimerlerin çok büyük bir kısmı organik polimerlerden oluşmuştur. Polimer zincirinde atomların dizilişi aynı türden ise ‘homo zincir’, farklı türden ise ‘hetero zincir’ polimer olarak adlandırılır. Polietilen, polyesterler, poliamitler, polipropilen, doğal kauçuk, proteinler, selüloz vb. gibi polimerleri organik polimerlere örnek olarak verebiliriz (Dolaştır, 2009).

3. Biyopolimerler

Doğal polimerlerin önemli bir kısmı genelde canlıların yapısında yer alır. Selüloz buna örnek olarak verilebilir. Bunun yanı sıra tırnak, yün, saç, protein yapısındaki doğal polimerlerdir. Ayrıca canlılarda polimerik yapıda olan karbonhidratlar, deoksiribonükleik asit ve ribonükleik asit bulunur. Canlıların hareketlilik, yaşlanma, duyu gibi özelliklerinden sorumlu olan bu polimerlere “biyopolimerler” denir (Baysal, 1994).

Yeşil polimerler ve biyopolimerler hakkında günümüzde araştırmacılar tarafından birçok araştırma yapılmıştır. Armentano ve ark. Biyopolimerleri; “Doğada, enzimatik tepkime ile karbondioksit ve su gibi küçük bileşenlere ayrılabilen biyobozunur polimerler (Armentano ve ark., 2013)” olarak açıklamıştır (Armentano ve ark., 2013; Yoruç, 2017).

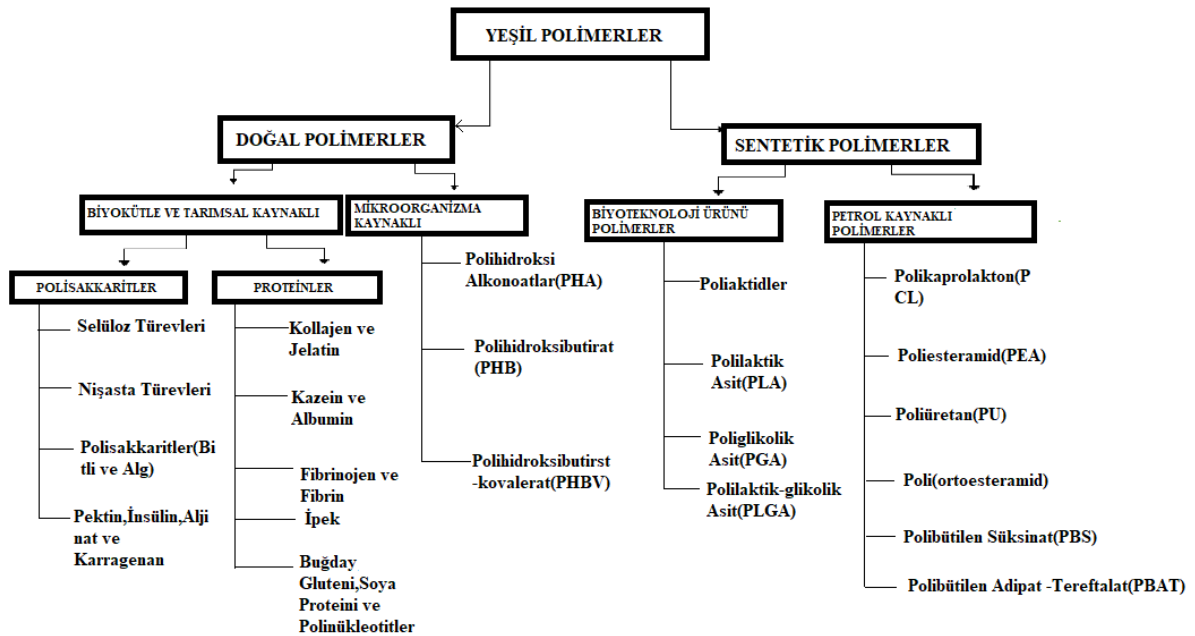
Singh araştırmasında biyopolimerleri; “Yeşil bitkiler, hayvanlar, bakteriler ve mantarların, yaşam döngüsü sırasında doğal olarak üretilen polimerler olarak tanımlamıştır (Singh, 2011; Yoruç, 2017). Rao ve ark. ise bu tür polimerleri tanımlarken; “Tüm organizmaların olgunlaşma döngüsü sırasında doğal olarak meydana gelen polimerler şeklinde ifade etmiştir. Bu bilgilere dayanarak biyopolimerler, biyokütle tarafından doğal yaşamda mikroorganizmaların parçalamasından sonra çevreye zarar vermez oldukları çıkarımı yapılabilir. Bu yüzden yeşil materyaller olarak gruplandırılmışlardır.

Kullanılmakta olan sentetik polimerler petrokimyasal kökenlidir ve çoğu biyobozunur değildir. Bu nedenle doğada petro kimya kaynaklı polimerler yerine çevreye verilen zararlar göz önünde bulundurularak biyobozunur polimerler kullanılması önerilmektedir. Biyopolimerlerin üretiminde işlenmemiş olan biyolojik kökenli bir yapı kullanılmaktadır. Bu materyal nişasta, mısır gibi bir bitki olabildiği gibi bakteri ve maya gibi mikroorganizmalarda olabilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere biyopolimerler genellikle CO₂ nötraldir. Kütle-enerji döngüleri kapalıdır. Doğada bileşenlerine ayrıldıktan sonra tekrar karbon döngüsüne dönmektedirler. Son yıllardaki artış göz önüne fosil kaynaklı işlenmemiş maddelerin korunması ve petrole olan bağımlılığı azaltması büyük bir avantaj olmaktadır. Biyopolimerlerin atık haline getirilmesiyle tarım arazisi gibi yerlerde

kullanılabilmektedir. Bu yöntem kimyasal gübre ihtiyacını da azaltmaktadır. Günümüzde biyopolimerlerin hala az üretilmesinin nedeni oldukça pahalı olmasından kaynaklanmaktadır. Üretimin artmasıyla maliyetin düşeceği beklenmektedir (Say ve ark., 2017).

Biyopolimerlerin kullanımının artırılmasıyla gün geçtikçe petrole olan ihtiyaç azalacak ve daha ekolojik bir çevre oluşturulacaktır (Flaris ve ark., 2009; Yoruç, 2017). Biyopolimerler; gıda sektöründe ambalaj ve kaplama malzemelerinde, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde kompozitlerde, inşaat sektöründe yalıtım malzemelerinde ve medikalde cerrahi malzemeler ve implantlarda, kozmetik ürünlerinde, tekstil ürünlerinde bulunmaktadır (Sin ve ark., 2012; Yoruç, 2017).

Yenilenebilir kaynakların ürünleri son yıllarda önemli bir gelişim göstermektedir. Yeşil kompozitler sanayisi günümüzde milyarlarca dolarlık iş alanı oluşturmaktadır. Polimer sektörleri içerisinde en hızlı gelişen sektör yeşil kompozitlerdir. Gelişim hızı yıllık, 2007 yılı için Kuzey Amerika'da %18, Avrupa'da ise %14'tür (Alireza, 2008; Yoruç, 2017). 2020 yılında yeşil plastiklerin Avrupa Birliği'nde yıllık olarak 3,1 milyon ton ile petrol esaslı polimerler pazarının %4,4'üne sahip olacağı ön görülmektedir (Baysal, 1994). Yeşil malzemeler genellikle otomotiv, ambalaj ve inşaat sektörlerinde kullanılmakta ve kullanılan bu sektörler göz önüne alındığında YEŞİL'in YENİLİK'ten çok ihracat pazarındaki yeri dikkat çekmektedir.



Çizelge 1. Yeşil polimerlerin sınıflandırılması (Yoruç, 2017)

Biyopolimerler doğal haliyle yalnızca polimerik yapıda olan malzemeleri değil aynı zamanda doğal bileşiklerin biyolojik veya kimyasal yollarla polimerizasyonu ile oluşturulan yüksek molekül ağırlıklı malzemeleri de içermektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen poliamitler,

polisakkaritler, polioksöesters, polithioesterler, polyanhidritler, polifenoller gibi polimerler, bunların türevleri ve kompozitleri de biyopolimerler olarak nitelendirilebilirler (Sudesh, 2008; Yoruç, 2017).

Biyopolimerler doğal ve sentetik olmak üzere iki çeşittir. Doğal biyopolimerler doğal malzeme bazlı olup; polisakkaritler/nisasta, alginat, kitin/kitosan veya proteinler (soya, fibrin, ipek) ve güçlendirici/destekleyici olarak kullanılan doğal fibriller olmak üzere sıralanabilir. Sentetik biyopolimerler ise kontrollü şartlarda üretilen ve bu nedenle genel olarak sergileyeceği davranışları tahmin edilebilen; bozunma hızı, gerilme dayanımı, elastik modül ve bunlar gibi fiziksel ve mekanik nitelikleri yinelenen yapılardır (Çizelge)(Mohanty ve ark., 2000).

Nişasta doğada kolay bir şekilde bulunabilen bir polisakkarit olup mısır, nişasta ve pirinçten üretilen yüksek biyobozunurluk ve düşük maliyetli bir yeşil polimerdir. Temel bileşeni nişasta olan biyopolimerlerin üretimi çoğunlukla nişasta ve sentetik polimerlerin karışım şeklinde üretilmesiyle oluşmaktadır. Sentetik polimer ve nişastanın oranlarının değiştirilmesiyle biyopolimerin özellikleri değişebilmektedir. Bu yaklaşım Novamont firmasının ürettiği Mater-Bi® adlı plastik malzemede başarılı olmuştur. %85'ten fazla nişastası olan karışımlar enjeksiyon kalıpta ve köpük imalatında kullanılabilir (Gross, 2002; Yoruç, 2017).

Selüloz bitki ve bakterilerden oluşan polimerler dünyada bol miktarda bulunan biyopolimerlerdir (Zhou ve ark., 2012; Yoruç, 2017). Selüloz, yinelenen β -D-glukopiranoz birimler inlerinden oluşur. Tekrarlanan birimlerde bulunan her bir anhidroglukoz molekülü 3 adet hidroksil grubu bulundurmaktadır. Selülozun bu yapısı; kiralite, biyobozunma, yüksek fonksiyonellik ve hidrofilitik gibi niteliklere sahip olmasındaki en önemli faktörlerdendir (Peng ve ark., 2011; Yoruç, 2017).

Kitin/Kitosan kitin;2-asetamido-2-deoksi- β -D-glukoz monomerlerinin β -(1,4) bağı ile bağlanmasından oluşan biyopolimerdir. Doğal ortamda bol miktarda bulunan mukopolisakkarit yapısına sahiptir ve selülozdan sonra doğada en çok bulunan ikinci sürdürülebilir biyopolimerdir. Biyosferde 10 Gton (1013 kg) kitin bulunmaktadır (Synowiecki ve ark., 2003; Yoruç, 2017).

4. Biyopolimerlerin Kullanım Alanları

Biyopolimer üretimi günden güne ilerlemektedir. Sonuç olarak tüm Avrupa'nın 2001 yılında biyolojik olarak birbirinden ayrılan plastik tüketimi 20.000 ton olmasına rağmen, 2003 yılında bu değer 40.000 ton olduğu bilinmektedir. Bu değer biyopolimer üretim alanının giderek büyüdüğünü göstermektedir. Biyopolimerlerin öncelikli kullanım alanları medikal ve gıda sektörleridir. İngiltere, Hollanda ve İtalya biyo ambalajlar üretiminde öncelikli ülkelerdendir (Clarival, 2012; Yoruç, 2017).

Biyopolimerle ilgili yapılan üretim sektörlerindeki araştırmaya göre; biyopolimerlerin 2020 yılında biyopolimerlerin plastik üretim sektörünün %25-30'unu oluşturacağını belirtmiştir. 2007

yılında değeri 1 milyar \$ olan biyopollimer plastik sanayisinin 2020 yılında 10 milyar \$ değerinde olacağı öngörülmektedir. Günümüzde 500 olan biyopolimer işletmesinin 2020 yılında 5000'e çıkacağı tahmin edilmektedir (Ikada ve ark., 2000; Yoruç, 2017).

Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmleri: Günlük hayatta kullandığımız yiyecek ve içeceklerimizle temas halinde olan; tek kullanımlık çatal, bıçak, içecek kapları, salata kapları, tabaklar, ambalaj kâğıtları ve ince filmler, pipet, karıştırıcılar, kapaklar, kutular, şarküteri ve fast food işletmelerinin kullandığı polimer ambalajlardır. Kullanılan ambalajlar geri dönüşümlü yapılması ekoloji açısından önem arz etmektedir. Sulu, asidik ve yağlı yiyeceklerle etkileşim halinde olan ambalaj filmlerinin oda sıcaklığında korunması veya oda sıcaklığının yaklaşık 60°C üzerinde korunmasını sağlayan ambalaj filmleriyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bunun sonunda, son birkaç yıldır sürdürülebilir kaynaklardan bulunan, geri dönüşebilir ve kompostlanabilir olmaları, biyopolimerleri daha da önemli hale getirmektedir (Bordes ve ark., 2009; Robertson, 2016; Jimenez ve ark., 2015; Yoruç, 2017).

PHA Gıda Ambalajları: En fazla gıda ambalajı bölümünde kullanılan PHB, PP ile aynı nitelikte olan fakat PP' den daha sert ve gevrekli. Sertliği daha az olan ve yoğun olan Polihidroksi bütirat-co-β-hidroksi valerit (PHBV) paketleme için kullanılabilir. PHBV'nin maliyeti yüksek olmasına karşın mikroplara karşı 5-6 hafta dayanabilmektedir (Siracusa ve ark., 2015; Yoruç, 2017). 1998 yılında çalışmalar yapılarak farklı özellikte gıda atıklarından PHA üretilmiştir. İmal edilen polimerlerin esneklik, çekme dayanımı, viskozite gibi farklı fiziksel ve mekanik özellikler bulunmuştur (Yu ve ark., 1998; Yoruç, 2017).

PLA Gıda Ambalajları: Araştırmacılar, %6'dan az L-laktit/D-laktit oranına bağlı olarak PLA nitelikleri oldukça farklı olabilmektedir. D-laktit içeren yarı kristalin polimer PLA'nın kaliteli performans göstermesini sağlamışlardır. Ayrıca %12 D-laktit içeren amorf PLA'nın ısıyla birlikte kolay şekil alması, gelişen teknolojiyle birlikte gıda ambalaj sektörüne uygunluğunu göstermiştir. PLA'nın özellikleri PS gibidir. PLA çeşitli şirketlerin ticarileştirmesiyle kullanılmaya başlanmıştır (Yoruç, 2017).

Biyomedikal Uygulamalar: Polimerler çoğunlukla medikal anlamda cerrahi ve klinik denetimlerde kullanılmaktadır. Medikal alanında kullanılan polimerler arasında vücudun canlı dokusuyla temas halinde olan malzemeler "polimerik biyomalzemeler" şeklinde adlandırılmaktadır. Biyomalzemelerin uygulamaları; tek kullanımlık ürünler (şırınga, kan torbası, kateter), cerrahi operasyon malzemeleri (yapıştırıcı ve dolgu malzemeleri) ve doku değiştirme protezleridir (göz içi lens, diş implantı, meme implantı, yapay böbrek, yapay kalp, yapay damar gibi geçici veya kalıcı yapay organlar) (Bordes ve ark., 2009; Reddy ve ark., 2015; Yoruç, 2017). Bu alanlarda genellikle toksik olmayan, inert ve biyo uyumluluğu yüksek malzemelerdir. Son zamanlarda dikkat çeken biyobozunur polimerlere eğilimin iki ana sebebi bulunur:

i) Biyobozunur polimerler biyolojik olarak uygundur.

ii) Bu polimerler hem hafif hem de enfeksiyon tehlikesi oluşturmazlar (Bordes ve ark.,2009; Yoruç, 2017).

Cerrahi Kullanım: Cerrahi alanda genellikle dikiş için kullanılırlar. Hayvan bağırsaklarından elde edilen kollajen, kromlama işleminden sonra kullanılırlar. Cerrahi olarak diğer alanı; hemostaz, doku yapıştırıcı ve yara kapama materyalleridir. Bu alanda kullanılan biyomalzemeler; jelatin, kollajen, kitosan, selüloz, karboksimetil selüloz, fibrin ve trombindir (Ji ve ark., 2013; Yoruç, 2017).

Tarımsal Uygulamalar: Tarımsal olarak başlıca kullanım alanları; malç filmlerde, erozyon kontrol sistemlerinde ve kazıklarda kullanılmaktadır (Brar ve ark., 2014; Yoruç, 2017). Tarım işlerinin en önemlisi ekinlerin korunmasıdır. Bu istek doğrultusunda, DYPE bazlı malç filmlerin kullanımı günden güne artmaktadır. Malç filmler; toprak sıcaklığını oranlamak, erozyonu önlemek, su ve pestisit kullanımını azaltmak ve yabancı otları azaltmak için tercih edilmektedir. Biyopolimerler, biyobozunur olmaları ve yenilenebilir kaynaklardan oluşmaları nedeniyle, malç film üretiminde petrol esaslı ürünlerin yerini almaya başlamışlardır (Finkenstadt ve ark., 2010; Yoruç, 2017).

Otomotiv Uygulamaları: Otomotiv sanayisinde kullanılan polimer oranı kütle bakımından araç başına yaklaşık olarak %12'dir. Yani araçta bulunan polimer miktarı 114 kg'dır. Sektörde en çok kullanılan polimerler; polipropilen (PP), poliamid (PA), poliüretan (PU) ve akrilonitril-butadienstiren (ABS)' dir. Petrol kaynaklı polimerlerin yerini biyopolimerlerin almasıyla, otomotiv sektöründe çalışmalara başlanmış ve patentler alınmıştır. Özellikle doğal fiberler ile desteklenmiş halde biyopolimerler; otomotiv sanayisinde gösterge paneli, kapı paneli, far lambaları, ızgaralar, çamurluklar vb. bölümlerde kullanılmışlardır (Koronis ve ark., 2013; Yoruç, 2017).

Kozmetik Uygulamalar: Polimerler, kozmetikte kullanılan ana maddeler arasında ikinci en büyük gruptur. Kozmetik sektöründe polimerler; stabilizatör ve destabilizatör, modifiye edici, inceltici, emülsifiyan ve antimikrobiyal katkı olarak kullanılmaktadır (Lochhead, 2007; Yoruç, 2017).

5. Yeşil Kompozitler

Yakın geçmişte kendini dünyaya kısa bir sürede tanıtan kompozit malzeme uzay-hava sistemleri, otomotiv, spor eşyaları gibi birçok gündelik alanlarda vazgeçilemez hale gelmiştir. Genellikle kompozit malzemeler, çeşitli biçimlerde tasarlanabilir olmalarına karşın çoğunlukla epoksi, polipropilen, polietilen vs. bir polimer matrise cam, karbon, aramit veya ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) liflerin takviyesiyle meydana gelirler. Kompozit malzeme kullanımı artmasının avantajı olmasının yanında oluşacak malzeme için tüketilen atıklar sorun oluşturmaktadır. Ayrıca kompozit malzemenin iki farklı (lif ve matris) malzemenin meydana geliyor

olması geri dönüşümünü zorlaştırmaktadır (Netravali ve ark., 2003). Yeşil kompozit olarak kendini tanıtan çevreci çalışmalar da kompozit malzemenin yenilenebilir kaynaklardan meydana gelmesi üzerinde durulmaktadır (Ashori, 2008). Çok eski çağlarda harç malzemesine keçi kılının eklendiğini göz önüne alarak kompozit malzemenin çok öncelerden beri var olduğuna kanaat getirebiliriz. Çağdaş dönemde ise Henry Ford, 1938 yılında, ilk lif takviyeli araba gövde panelini üretmek için soya-fasulyesi esaslı reçine kullanmaktadır (Netravali ve ark., 2003).

Yeşil kompozitlerin bilinen en yaygın kullanım alanları inşaat, otomotiv, mobilya ve ambalaj sektörleridir (Netravali ve ark., 2003; Ashori, 2008; Maya ve ark., 2008). İnşaat, mobilya ve paketleme sektörlerinde uygulamaları beklenileni karşılamadığından buralarda daha çok ağaç unu, odun yongası vs. gibi oldukça ucuz dolgular tercih edilmektedir. Ancak başta otomotiv olmak üzere diğer uygulamalarda, yeşil kompozitlerden yüksek başarı beklenmektedir. Bu tür tasarımlarda istenilen niteliklere erişebilmek için hemp, jüt, muz, bambu, kenaf vb. lifler kullanılmaktadır (Netravali ve ark., 2003). Çevre dostu olmaları, kara taşıtlarının ağırlığını % 10-30 oranında düşürecek derecede hafif olmaları için daha az yakıt tüketimi sağladıkları için tercih edilmektedirler (Netravali ve ark., 2003; Ashori, 2008; Maya ve ark., 2008). Daimler-Benz 1991 yılından beri, cam lifinin yerini alacak doğal lifleri bulmak için çalışmalar yapmaktadır (Ashori, 2008; Maya ve ark., 2008). Hindistan cevizi lifli kompozitleri esas alan “Beleem project”in ardından gelen başarı ile 1996 yılında, Mercedes E-sınıfı taşıtların kapı panelleri jüt lifi takviyeli kompozitlerden üretmiştir (Netravali ve ark., 2003; Ashori, 2008; Maya ve ark., 2008). Dünyada hızla yayılan yeşil kompozitler önde gelen araba markalarının ilk tercihi olmakla birlikte Mercedes-Benz tarafından da kullanılmaktadır (Ashori, 2008; Maya ve ark., 2008; Environmental Certificate, 2003). Avrupa Birliği tarafından sunulan “European Guideline 2000/53/EG” gereğince, Avrupa'da üretilen arabaların 2005'ten itibaren en az ağırlıkça %85'inin; 2015 yılından sonra da en az %95'inin yenilenebilir malzemelerden üretilmesi zorunlu hale getirilmiştir (Ashori, 2008). Bu da, şunu gösteriyor ki yeşil kompozit gelecek asrın vazgeçilemez malzemeleri arasında olacak ve beklentiyi hep en üst seviyede tutacaktır.

6. Kompozit Malzeme Üretimi Şekilleri

Elle Yatırma (Hand Lay- Up): Elyafların dokuma veya kırılmış haliyle hazırlanmış takviye kumaşları olan bir kalıp üzerine elle yatırılarak elyaf katmanlarının üzerine sıvı reçine emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp yüzeyi temizlenerek jelkot sürülerek malzemenin yüzey kalitesi artırılır. Jelkot sertleştirildikten sonra elyafın katları jelkot üzerine yatırılır. Reçine malzemeye son aşamada sürülür ve burada elyaf kumaşa reçinenin en iyi şekilde nüfuz etmesi önemlidir. Bu teknikte polye

ve epoksinin yanında vinil ester ve fenolik reçinelerde kullanılır. Elle yatırma yöntemi işçiliği yoğundur fakat az sayıdaki üretimler için tercih edilir (Caner, 2010).

Püskürtme (Spray- Up): Bu yöntem, elle yatırma yönteminin mekanik aksamlarla yapılan şeklidir. Kırılan elyaflar kalıbın yüzeyine, sertleştirici ile karıştırılmış reçineyle birlikte uygulamaya özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyaf kırma özel tabancanın üzerinde bulunan ve tabancadan ayrı bir şekilde çalışan kırpıcı ile yapılır. Püskürtmeden sonra yüzeyde oluşabilecek pürüzlerden dolayı yüzey, rulo yardımıyla düzeltilerek hazırlanmış olur (Caner, 2010).

Elyaf Sarma (Filament Winding): Elyaf sarma yöntemi özel bir şekli olan ürünlerin seri üretimi için kullanılmaktadır. Bu yöntem elyaf liflerinin sürekli olarak reçine ile ısıtılıp makaradan çekilerek dönmekte olan kalıbın üzerine sarılmasıyla oluşur. Liflerin makara üzerine sarılırken açılarında meydana gelen değişiklikler ürünün mekanik özelliklerini etkilemektedir. Sarılan elyaf katlarının artmasıyla ürün sertleşir ve döner kalıp üründen ayrılır. Bu yöntemle genellikle dairesel geometriye sahip tanklar ve borular gibi malzemeler üretilir (Caner, 2010).

Reçine Transfer Kalıplama RTM/Reçine Enjeksiyonu: Bu yöntem elle yatırma sistemi daha hızlı ve ömrünün uzun ömürlü olmasını sağlarken RTM yönteminde iki parçalı kalıp kullanılır. Çelik daha yüksek maliyetli olmasından dolayı kalıp kompozit malzemeden üretilmiştir. Bu yöntem genellikle jel kodlu veya jel kodsuz iki yüzeyinde de pürüzsüz olması gereken malzemelerde kullanılır. Takviye elemanı olarak keçe, kumaş ve bunların ikisinin birlikte kullanılır. Kalıba önce takviye malzemesi kalıbı dolduracak şekilde yerleştirilir kapatılır. Elyafın kalıbın içine sürüklenmesinin önlemek için matrisin içinde geç çözünen reçinelerle kaplanır. Kalıba basınç altında reçine pompalanır fakat bu işlem oldukça zaman alıcıdır. Matris enjeksiyonu soğuk kaplarda, ılık veya en fazla 80 dereceye kadar uygulanabilir. Bu yöntemde içerdeki havanın boşaltılması ve elyafın içine reçinenin iyice nüfuz etmesi için vakumlanabilir. Elyafın kalıba yerleştirilmesi işlemi oldukça uzun ve dikkat gerektiren bir işlem olduğundan dolayı usta bir işçilik gerektirir. Kalıbın kapalı olmasından dolayı zararlı gazlar azalır. Karmaşık parçaların üretiminde kullanılır (Caner, 2010).

Profil Çekme/Pultruzyon (Pultrusion): Pultruzyon işlemi sürekli sabit kesitli kompozit profil ürünlerin üretildiği maliyeti düşük maliyetli seri üretim yöntemidir. Pull ve Extrusion sözcüklerinin birleşiminden oluşmuştur. Sürekli takviye malzemesi 120-150 dereceye kadar ısıtılmış şekillendirme kalıbından önce reçine banyosuna sokulur. Kalıplar çoğunlukla krom kaplanmış çeliktir. Bu yöntemde de elyafların yönleri malzemenin mukavemetini etkilemektedir (Caner, 2010).

Hazır Kalıplama /Compression Moding (SMC,BMC): Hazır kalıplama içinde cam elyafı, reçine, katkı ve dolgu malzemelerini barındıran kalıplamaya hazır kalıplama bileşimleri olarak adlandırılan kompozit yapıların (SMC,BMC) sıcak pres kalıplarla yeni bir yapı oluşturulmasıdır. Bu yöntem ile karmaşık şekiller üretilebilir, farklı cidar kalınlıkları elde edilebilir. Ürünün tüm yüzeyleri kalıp ile oluşturulmaktadır. Diğer yöntemlerle elde edilemeyen delik gibi farklı yapılar elde edilebilir.

Kalıplama bileşimlerinin buzdolabında saklama koşulu ve üretilen parçaların büyük olması ve üretimi için gerekli olan makinaların maliyetli olması bu yönetime bir dezavantaj oluşturmaktadır (Caner, 2010).

Vakum Bonding/Vakum Bagging: Öncelikle bir kalıba yerleştirilen geniş sandviç yapıların en üstüne vakum torbası yerleştirilir. Kalıp içindeki havanın emilmesiyle vakum torbasının malzemeye 1 atmosferlik basınç uygulayarak aşağıya çeker. Kür işlemi için tüm bileşim fırına verilir. Bu yöntem genellikle elyaf sarma ve yatırma teknikleriyle bağlantılıdır. Kompozit malzeme onarım işleminde de vakum bagging yöntemi kullanılmaktadır (Caner, 2010).

7. Sonuç

Ekonomik gelişim, sanayinin ilerlemesi ve gelişmesiyle doğru orantılı olarak ilerlemektedir. Sanayinin ilerlemesi ülkelerin büyümesi ve refah olmasına yardım sağlamaktadır. Fakat bu büyüme gerçekleşirken çevreye verilen zararlarında en aza indirgenmesi gerekmektedir.

Üretimi istenen malzemeler genellikle ucuz, hafif, kolay şekillendirilebilmeli ve mekanik özellikleri açısından teknolojik amaçlara yönelik ihtiyaçları karşılayabilecek düzeyde olması istenmektedir. Yıllar boyu yapılan çalışmalar birbirini izlemiş ve gelişmeler sonucunda tek tip malzemenin değil de birçok malzeme bir araya getirilerek farklı tekniklerle üstün özellikli malzemeler üretilmiştir. Böylece her bir malzemenin özelliklerini tek bir malzeme de bir araya getirip daha iyi özelliklere sahip kompozit malzemeler üretilmeye başlanmıştır. Araştırmalar bununla da yetinmeyip, ilerleyen teknoloji sayesinde geliştirilen bu malzemelerin oluşturduğu çevre sorunu oluşturmayacak kompozit üretim yolu tercih etmiştir. Böylece çevre dostu yeşil kompozitler üretilmeye başlanmıştır. Zira çevre sorunu yaratmak demek üretim tesisi için ek bir atık değerlendirme maliyeti anlamına gelmektedir. Günlük yaşantımızda yeşil kompozitler çoğunlukla cerrahi, kozmetik, gıda, tarım ve otomotiv gibi çok çeşitli alanlarda kullanım olanağı sağlamaktadır. Örneğin cerrahi alanda kullanılacak olan malzeme biyo uyumluluk gerektirirken, diğer bir alan olan otomotiv sektöründe kullanılan malzemenin darbe dayanımı yüksek ve yakıt tüketiminin azalması açısından parçaların hafif olarak üretilmesi istenmektedir. Yeşil kompozitlerin en yaygın kullanım alanlarından biri de gıda sektörüdür. Örneğin plastik kaşık çatal, ambalajlama, pipet, saklama kapları olarak bu alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu malzemelerin üretimi için doğadaki malzemeler tercih edilmekte bu sayede doğaya geri dönüşümü olabildiğinden sürekliliğin sağlanabilmesi tercih edilmektedir. Neticesinde bir ülkenin hem gelişimi, yenileşmesi ve ilerlemesi sağlanabilirken hem de doğanın ürünlerinin kullanıldığı ve doğaya tekrar kazanım sağlandığı için çevre dengesinin bozulmasının önüne geçilmiş olacaktır. Ekolojik dengeyi ve sürekliliği sağlamak açısından yeşil

kompozitlerin üretiminde biyopolimerlerin kullanımı geleceğin vazgeçilmezleri arasında görülmektedir.

Kaynaklar

- Akçin Y., (2011).“Kompozit malzemelerin kaplanabilirliğinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Alireza Ashori, (2008). Wood-Plastic Composites As Promising Green-Composites For Automotive Industries, *Bioresource Technology* 99 4661-4667.
- Armentano I, Bitinis N., Fortunati E., Mattioli S., Rescignano N., Verdejo R., MA Lopez-Manchado, And Kenny JM.,(2013). Multifunctional Nanostructured PLA Materials For Packaging And Tissue Engineering, *Progress In Polymer Science*, 38: 1720-47.
- Ashori A.,(2008).Wood-Plastic Composites As Promising Green-Composites For Automotive Industries!, *Bioresource Technology* 99 4661-4667.
- Baysal B., (1994).Polimer Kimyası, ODTÜ, Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Board Nür.,(2012). Polymers And Plastics Technology Handbook. In.: Isbn 81-78 33076-8.
- Bordes P., Pollet E., And Avérous L.(2009).Nano-Biocomposites: Biodegradable Polyester/Nanoclay Systems, *Progress In Polymer Science*, 34: 125-55.
- Brar S. K., Dhillon G. S., And Socco C. R., L,(2014).Biotransformation Of Waste Biomass Into High Value Biochemicals (Springer).
- Caner E., (2010). Kompozit Malzemelere Uygulanan Deneyler <http://malzeme-bilimi-ve-muhendisligi.blogspot.com.tr/2010/02/deneyin-adi-kompozit-malzemelere.html>
- Clarival AM.,(2012).Classification And Comparison Of Thermal And Mechanical Properties Of Commercialized Polymers, In International Congress & Trade Show, The Industrial Applications Of Bioplastics, 3-5.
- Dolaştır,F.(2009).Polimer Malzemelerin Elektriksel Dirençlerinin Ve Optik Geçirgenliklerinin Ölçülmesi.
- Durgun İ., (2014, Mayıs). Vakum İnfüzyon Yöntemi İle Kompozit Parça Üretimi. Otekon'14 7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi. Bursa.
- Environmental Certificate, Mercedes-Benz C-Class, Mercedes-Benz Resmi Belgeleri, Daimlerchrysler AG, Mercedes Car Group, Daimlerchrysler Communications, <Http://Www.Daimlerchrysler.Com> Ivens Jan., Verpoest Ignaas., Natural Fibres: Can They Replace Glass In Fibre Reinforced Plastics Composites *Science And Technology* 63 (2003) 1259-1264.
- Finkenstadt V. L., And Tisserat B.,(2010).Poly (Lactic Acid) And Osage Orange Wood Fiber Composites For Agricultural Mulch Films, *Industrial Crops And Products*, 31: 316-20.
- Flaris Vicki., And Singh Gurpreet.,(2009).Recent Developments İn Biopolymers. *Journal Of Vinyl And Additive Technology*, 15: 1-11.
- Gross, Kalra B.,(2002). Biodegradable Polymers For The Environment, *Science*, 297, 2.
- Ikada Y., And Hideto T,(2000).Biodegradable Polyesters For Medical And Ecological Applications, *Macromolecular Rapid Communications*, 21: 117-32.
- Ji X., Cheng X., Xueshen S., And Jianping C.,(2013).Modified Starch Material Of Biocompatible Hemostasi, In.: Google Patents.
- Jiménez A., María J. F., Pau T., And Amparo C.,(2015).Polysaccharides As Valuable Materials İn Food Packaging, *Functional Polymers İn Food Science: From Technology To Biology*, Volume 1: Food Packaging: 211.
- Kaya A.İ.,(1995). Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.(Doktora Tezi), 239p.
- Kaya A. İ., (2017).Kompozit Malzemeler Ve Özellikleri. *Putech & Composite Poliüretan Ve Kompozit Sanayi Dergisi*, 29, 38-45.
- Koronis G., Silva A., And Fontul M., (2013).Green Composites: A Review Of Adequate Materials For Automotive Applications. *Composites Part B: Engineering*, 44: 120-27.
- Lochhead R. Y.,(2007).The Role Of Polymers İn Cosmetics: Recent Trends, In *ACS Symposium Series*, 3-56. Oxford University Press.
- Maya J. J., Sabu T.,(2008).Biofibres And Biocomposites, *Carbohydrate Polymers* 71 343-364.

- Miller Stephen A.,(2013) Sustainable Polymers:Opportunities For The Next Decade, *ACS Macro Letters*, 2: 550-54.
- Mohanty A. K., Misra M., Hinrichsen G.,(2000). Biofibres, Biodegradable Polymers And Biocomposites: An Overview. *Macromol Mater Eng*, 276–277:1–24.
- Netravali A.N., Chabba S., (2003). Composites Get Greener, *Materials Today*, P. 22-29.
- Peng Bl., Dhar N., Liu Hl., And Tam Kc.,(2011).Chemistry And Applications Of Nanocrystalline Cellulose And Its Derivatives: A Nanotechnology Perspective, *The Canadian Journal Of Chemical Engineering*, 89: 1191-206.
- Rao Mg, Bharathi P., And Akila Rm., (2014).A Comprehensive Review On Biopolymers, *Sci. Revs. Chem. Commun*, 4: 61-68.
- Reddy N., Reddy R., And Jiang Q.,(2015).Crosslinking Biopolymers For Biomedical Applications, *Trends In Biotechnology*, 33: 362- 69.
- Robertson G. L.,(2016).*Food Packaging: Principles And Practice* (CRC Press).
- Rosato D. V., (1997).*Designing With Reinforced Composites*: Hanser Gardner Publications.
- Say,M., Can,G., Güler,G., Ergeldi,E.,Bayraktar,G.(2017).Biyopolimerler. <https://prezi.com/kigpiqzdu8hq/biyopolimerler/>
- Seydibeyoğlu M. Ö., (2012)A Novel Partially Biobased Pan-Lignin Blend As A Potential Carbon Fiber Precursor. *Biomed Research International*.
- Sin, Lee Tin, Abdul Razak Rahmat, And Wan Awa Rahman.,(2012). Polylactic Acid: Pla..
- Singh Akhilesh V.,(2011). Biopolymers In Drug Delivery: A Review, *Pharmacologyonline*, 1: 666-74.
- Siracusa V, Pietro R., Santina R., And Marco D. R.,(2008).Biodegradable Polymers For Food Packaging: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 19: 634-43.
- Sudesh K., Iwata T.,(2008). Sustainability Of Biobased And Biodegradable Plastics, *Clean*, 36(5-6), 433-442.
- Synowiecki Józef., And Al-Khateeb Nadia Ali.,(2003).Production, Properties, And Some New Applications Of Chitin And Its Derivatives.
- Wambua Paul., Ivens Jan., Verpoest Ignaas.,(2003).Natural Fibres: Can They Replace Glass In Fibre Reinforced Plastics?, *Composites Science And Technology* 63 1259-1264.
- Yoruç A. B. H., & Uğraşkan V., (2017).Yeşil Polimerler Ve Uygulamaları., *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Ve Mühendislik Dergisi*,17 017102 (318-337).
- Yu PH, Huang AL., Lo W., Chua H., And Chen GQ., (1998).Conversion Of Food Industrial Wastes Into Bioplastics. In, *Biotechnology For Fuels And Chemicals* (Springer).
- Yurttaş Ç., (2000).Afşar E., *CTP Teknolojisi*, 4. Basım, Cam Elyaf, 8-44.
- Zhou, Chengjun, And Qinglin Wu.,(2012).Recent Development In Applications Of Cellulose Nanocrystals For Advanced Polymer-Based Nanocomposites By Novel Fabrication Strategies (*Intech Open Access Publisher*).