

ODUN PLASTİK KOMPOZİTLERİN ÜRETİLMESİNDE TARIMSAL ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kadir KARAKUŞ^{*1}, Fatih MENGELOĞLU¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri
Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

* karakus@ksu.edu.tr, fmengelo@ksu.edu.tr

Özet

Odun plastik kompozitler (OPK); odun unu ya da tarımsal atıkların polimer matrisi içerisine katılmasıyla üretilen kompozit malzemeler olarak adlandırılmaktadır. OPK üretiminde saf polimerler kullanılabilirdiği gibi geri dönüşüm (atık) polimerler de kullanılabilir. Bu çalışmada orman endüstrisi veya lignoselülozik esaslı atıklar kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin mekanik ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla okaliptus odun unu, pamuk karpeli ve buğday sapları kullanılmıştır. Termoplastik malzeme olarak geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) değerlendirilmiştir. Kompozit örneklerin üretimi ekstrüzyon ve pres kalıplama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozit örnekler üzerinde çekme ve eğilme direnci, elastikiyet modülü ve darbe direnci değerleri ASTM standartları takip edilerek belirlenmiştir. Elektron mikroskobu yardımıyla morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu tip odun plastik kompozit malzemeler mobilya endüstrisinde kapı-pencere doğraması, park-bahçe mobilyası ve kamelya malzemesi gibi kullanılma potansiyelleri bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Odun plastik kompozitler; orman endüstrisi atıkları; geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE); mekanik özellikler.

* Corresponding author. Tel.: 0506 2572507; fax: 0344 280 1712; e-mail: karakus@ksu.edu.tr

UTILISATION OF AGRICULTURAL WASTE IN WOOD PLASTIC COMPOSITE PRODUCTION

Wood plastic composites can be defined composite materials manufactured from wood flour and agricultural waste into polymer matrix. Neat or recycled polymers can be used in the wood plastic composite production. In this study, the mechanical and morphological properties of wood plastic composites produced using forest product industry wastes and lignocellulosic materials are determined. Waste high density polyethylene (HDPE) water pipes collected from the campuses of Kahramanmaraş Sutcu Imam University were used as polymeric materials while flours produced from eucalyptus wood waste, cotton carpel, wheat straws and were used as lignocellulosic fillers. The samples of composite were manufactured thorough extrusion and compression molding method. Mechanical properties such as tensile, flexural, impact strength and morphological properties such as scanning electron microscopy (SEM) were measured. It is believed that this type of manufacturing can be used for railings, siding, park benches, window and door frames, and indoor furniture

Keywords: Wood plastic composites; forest product industry waste; recycled high density polyethylene; mechanical properties,

1. Giriş

Artan dünya nüfusuna paralel olarak doğal ve sentetik ürünlere olan talep artmakta ve bunların yapımı ve kullanımına bağlı olarak çok miktarda atık oluşmaktadır. Bu atıklar ise çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Daha temiz ve yaşanabilir bir çevre için atık miktarlarının azaltılması gerekmektedir. Bunun gerçekleştirilmesi ise ancak ihtiyatlı malzeme kullanımı, atık oluşumunun azaltılması, geri dönüşümün ve yeniden kullanımın artırılması ile mümkün olabilmektedir. Çevre problemine sebep olan plastik, metal ve selüloz esaslı atıklar yaşamımız için önemli bir yere sahip olduklarından ortadan kaldırılmaları oldukça güçtür. Bu sebeple daha az atık oluşturmanın yolları araştırılmalıdır. Bu amaçla “3R” kuralı birçok ülkede hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç daha az atık oluşturmak için kullanılan hammaddeyi azaltmak (Reduce), bir ürünün yeniden kullanılmasını sağlamak (Reuse) ve bir malzemenin geri dönüşümünün (Recycle) gerçekleştirilmesidir [1,2].

Türkiye de yaklaşık üç milyon tonluk plastik atık bulunmakta ve bunun az bir miktarının geri dönüşümü sağlanmaktadır [3]. Topraklarımızın yüzde 38’lik kısmında tarım yapılmakta ve bu alanların yüzde 78’inde tahıl üretimi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla çok miktarda tarımsal atık oluşmaktadır [4,5]. Türkiye de ayrıca orman endüstrisi tarafından oluşturulan yaklaşık beş milyon metreküplük atık bulunmaktadır [6]. Açık bir şekilde görüleceği gibi Türkiye de çok miktarda atık malzeme mevcut olup bunların çoğu yakılarak ya da çöp alanlarına bırakılarak bertaraf edilmektedir. Bu atıkların geri dönüşümlerinin sağlanması için alternatif yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Polietilen, polipropilen ve polivinil klorür gibi polimerler ve lignoselülozik malzemeler polimer-kompozit üretiminde kullanılabilir. Odun plastik kompozitlerin üretiminde polimer olarak geri dönüşüm plastikler ve lignoselülozik malzemeler olarak ise orman endüstrisi atıkları ve tarımsal atıklardan elde edilen unlar kullanılabilir. Bu tip kompozit malzemeler kapı-pencere doğraması ve kamelya malzemesi gibi kullanım alanlarına sahiptirler. Bu malzemelerin avantajları arasında düşük yoğunluğa sahip olmaları, yüksek spesifik dirençlerinin olması, aşındırıcı olmamaları ve kolay bulunabilmeleri sayılabilir. Odun plastik kompozitler her türlü bitki ve ağaçtan elde edilen unlar ya da liflerle üretilirler. Tarımsal atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalarda buğday sapları, kendir, kenevir, şeker kamışı, bambu, vb. yıllık bitkiler kullanılmıştır [7-11].

Bu çalışmada geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) plastik potansiyeli ile farklı dolgu maddelerinin (okaliptus odun unu, pamuk karpeli ve buğday sapı unlarının) odun polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi ve mekanik özellikler üzerine etkisi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada polimer malzeme olarak atık yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmıştır. Dolgu maddesi olarak okaliptüs odun unları, pamuk karpeli ve buğday sapları unları gibi üç farklı dolgu malzemesi kullanılmıştır. Polimer matrisi olarak Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar yerleşkesindeki atık YYPE su boruları

kullanılmıştır. Lignoselülozik dolgu maddesi olarak ise Tarsus bölgesindeki okaliptüs işleyen kereste fabrikaları unları (OU), Kahramanmaraş bölgesindeki tekstil sanayinden temin edilen pamuk karpeli (PK) ve Kahramanmaraş bölgesindeki çiftçilerden temin edilen buğday sapları (BS) değerlendirilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Polimer matrisin hazırlanması

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar yerleşkesindeki atık yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) su boruları toplandıktan sonra temizlenmiş, şerit testere yardımıyla küçük parçalara kesilmiş ve sonrasında kesilen bu parçacıklar plastik kırıcılarda öğütülerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

2.2.2. Lignoselülozik dolgu maddesinin hazırlanması

Tarsus, Mersin sınırları içerisinde faaliyet gösteren kereste atölyelerinden okaliptüs talaşları, Kahramanmaraş ilindeki tekstil sanayinden pamuk karpelleri ve Kahramanmaraş bölgesindeki çiftçilerden buğday sapları temin edilerek bu çalışmada kullanılacak lignoselülozik hammaddeler elde edilmiştir. Daha sonra okaliptüs talaşları, pamuk karpelleri ve buğday sapları Wiley değirmeni yardımıyla un haline getirilerek lignoselülozik dolgu maddeleri üretilmiştir.

Üretilen malzemelerin performansları üzerinde dolgu maddelerinin boyutlarının etkili olması sebebiyle un halindeki lignoselülozik dolgu maddeleri sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu çalışmada kullanılan lignoselülozik dolgu maddeleri 40 mesh (0,425 mm) boyutundaki eleğin üzerinde kalan kısımdan alınmıştır. Sınıflandırılmış dolgu maddeleri daha sonra 24 saatlik kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu amaçla etüv kullanılırken sıcaklık değerleri 103 ± 2 °C olacak şekilde ayarlanmıştır.

2.2.3. Odun plastik kompozitlerin üretilmesi

Odun plastik kompozitlerin üretiminde yüksek yoğunluk polietilen (YYPE) polimer matrisi ve üç farklı lignoselülozik dolgu maddesi (okaliptüs odunu, pamuk karpeli ve buğday sapı unları) kullanılarak üretim reçeteleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Polimer-kompozit üretimi için deneme dizaynı.

Örnek Adı	Polimer Miktarı (%)	Lignoselülozik Dolgu Maddesi Miktarı (%)		
		OU	PK	BS
O	70	30	---	----
P	70	---	30	----
B	70	----	----	30

* O: Okalıptüs odun unu ile doldurulmuş kompozit

* P: Pamuk karpeli unu ile doldurulmuş kompozit

* B: Buğday sapı unu ile doldurulmuş kompozit

Polimer-kompozitlerin üretimi Tablo 1’de verilen üretim reçetelerine bağlı kalınarak, kurutulmuş lignoselülozik dolgu maddesi, polimer matrisi yüksek devirli karıştırıcı yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Elde edilen homojen karışım daha sonra tek vidalı ekstruder içerisine besleme ağzından verilmiştir. Ekstruder içerisindeki vidanın dönme hızı dakikada 40 devir olacak şekilde ayarlanmıştır. Beş farklı ısıtma alanına sahip olan ekstruder içerisindeki sıcaklıklar 170 °C ile 185 °C arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruderin ucunda bulunan kafadan çıkan erimiş haldeki karışım kesilerek soğuk su banyosu içerisine konulmuş ve soğutularak sertleşmesi sağlanmıştır. Kafadan çıkan malzeme soğutulduktan sonra kırıcı yardımıyla küçük parçacıklar haline getirilmiştir. Elde edilen parçacıklar nemli oldukları için 12 saat süreyle 103±2 °C sıcaklıktaki etüv de bekletilmiştir. Kurutulan bu parçacıklar 175 °C’ye kadar ısıtılmış olan sıcak pres içerisinde 5mm kalınlığında, 150 mm x 200 mm boyutlarında 8 adet olacak şekilde levhalar üretilmiştir.

2.3 Örneklerin test edilmesi

Üretilen odun polimer kompozit örnekleri üzerinde eğilme, çekme ve darbe dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan testler ASTM D 790’a göre yapılmıştır. 5x13x15 mm boyutlarında 13 adet test örneği hazırlanmıştır. Test sırasında 80 mm ‘lik dayanak açıklığı kullanılmıştır. Testler 10KN kapasiteli Zwick test makinesinde 2.0 mm/dk test hızı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme direnci testleri ise ASTM D 683’e göre gerçekleştirilmiştir.

13 adet test örneği 10KN kapasiteli Zwick test aletinde 5.0 mm/dk test hızında test edilmiştir. Darbe direnci testleri ise ASTM D 256'ya göre gerçekleştirilmiş olup örnekler üzerinde Polytect RayRan çentik açma makinesi kullanılarak çentikleri açılmıştır. Testler Zwick marka HIT5.5P darbe direnci test makinesinde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Lignoselülozik dolgu maddesi olarak okalıptüs odun unu (OU) ve pamuk karpeli unu (PK) ve buğday sapı unu (BS) kullanılarak üretilen yüksek yoğunluklu polietilen polimer-kompozitler üzerinde çekme, eğilme ve darbe direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

3.1. Mekanik özellikler

Çekme direnci değerlerine bakıldığında BS ve OU'nun benzer çekme direnci değerleri verdiği ve PK kullanılarak üretilen örnekler üzerinde istatistiksel olarak daha yüksek çekme direnci değerleri elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ise OU ve PK'nın benzer özellikler gösterdiği ve OU'dan üretilen örneklerin ise bu değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yıllık bitkilerde belli oranda vaks bulunmasının bu sonuç üzerinde etkili olabileceği düşünölmekle birlikte bu hipotezin doğrulanması için daha detaylı araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kopmada uzama değerlerine bakıldığında ise her üç lignoselülozik dolgu maddesi içinde benzer değerler gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Polimer-kompozitlerin mekanik özellikleri

Örnek	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Darbe Direnci (J/m)
O	8.22 B ¹ (1.72) ²	275.6 A (37.6)	4.40 B (0.54)	17.93 B (3.05)	992.2 AB (185.5)	41.80 C (2.91)
P	10.61 A (0.93)	295.11 A (13.81)	5.41 AB (0.70)	20.37 A (0.81)	1101.9 A (76.9)	52.82 A (3.78)
B	8.11 B (1.44)	202.6 B (17.5)	5.63 A (0.54)	13.16 C (1.64)	802.9 B (130.9)	47.37 B (6.42)

¹. İstatistiksel olarak farklı olan gruplar büyük harflerle belirtilmiştir.

². Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir.

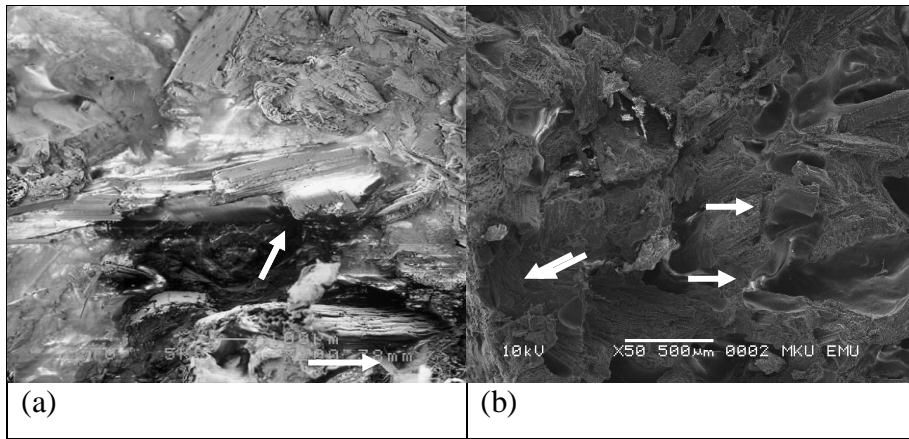
Eğilme direnci değerlerine bakıldığında, en iyi sonucu pamuk karpeli ile üretilen polimer-kompozitler verdiği belirlenmiş ve bunu okaliptüs odununu ve buğday sapı ile üretilen polimer-kompozitler takip etmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde ise yine en yüksek değer pamuk karpelinden alınırken en düşük değer buğday sapı ile üretilen kompozitler olduğu belirlenmiştir. Okaliptüs odununu kullanarak üretilen polimer-kompozitler ikisinin ortasında eğilmede elastikiyet modülü değerleri verdiği görülmüştür.

Odun-polimer kompozitlerin kullanım alanlarıyla bakımından genelde plastik kerestelere alternatif olarak düşünüldüklerinden bunların ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmasında fayda vardır. Bu standard, poliefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin ne olması gerektiğini belirleyen bir standarttır. Eğilme direnci değerlerinin en az 6.9 MPa ve elastikiyet modülünün ise 340 MPa olması istenmektedir. Tablo 2’de görüldüğü gibi; okaliptus odunu, pamuk karpeli ve buğday sapı ile üretilen polimer-kompozitlerin ASTM D 6662’ye göre daha yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülleri vererek, plastik kereste kullanım alanlarında değerlendirilmelerinin mümkün olduğunu göstermektedir.

Darbe direnci değerlerine bakıldığında ise en yüksek değer pamuk karpelinde elde edilmiş ve bunu sırasıyla buğday sapı unu ve okalıptüs odun unu ile yapılan polimer-kompozitler takip etmiştir. Polimer kompozitlerin genel özellikleri incelendiğinde elastikiyet modülü değerlerinin yükselmesi beraberinde darbe direnci değerlerinde bir düşüş getirmektedir [12]. Ancak bu çalışmada elastikiyet modülü en yüksek olan pamuk karpeli polimer-kompozitler aynı zamanda en yüksek darbe direnci değerlerini vermiştir. Bu konuda yeni çalışmalar yapılarak bu durumun farklı dolgu maddesi kullanım oranlarında gerçekleşip gerçekleşmediğinin belirlenmesi gerekmektedir.

3.2. Morfolojik özellikler

Buğday sapı unu ya da okalıptüs odun unu katılarak üretilen YYPE polimer-kompozitler örneklerinden elde edilen taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir. Resim üzerinde polimer matristen sıyrılmış durumdaki buğday sapı unu ok yardımıyla gösterilmiştir. Benzer görüntü okalıptüs odun unu içinde gözükmemektedir. Bu durum genelde hidrofobik (suyu sevmeyen) yapıdaki polimer ile hidrofilik (suyu seven) yapıdaki lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanmaktadır [13-15].



Şekil 1. Üretilen kompozit malzemelerin SEM görüntüleri a) YYPE + Buğday sapı unu
b) YYPE+ Okalıptüs odun unu.

Kaynaklar

[1] Karakuş, K. Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

- [2] Karakuş, K. Nişasta esaslı biyolojik olarak bozunabilen odun-polimer kompozitlerin üretilmesi ve mikro-hücre yöntemiyle köpüklendirilmesi, Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [3] Mengeloğlu, F. Wood/Thermoplastic Composites. I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi. TBMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir, 2006; 471-480.
- [4] Mengeloğlu, F., Alma, M.H.. Tarımsal atıkların plastik endüstrisinde değerlendirilme potansiyelleri, Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 2002; 4 (1).
- [5] Korucu, T., Mengeloğlu, F. Potentials of agricultural residues as raw materials and their alternative usage possibilities in Turkey. 24th National Agricultural Mechanization Congress, Kahramanmaraş, 2007; 297-307.
- [6] Kurt, R., Karademir, A., Çetin, N.S., Özmen, N. Potential Utilization of Wood Residue in Turkey. First International Ukrainian Conference on Biomass, Kiev, Ukrainian (CD). 2002.
- [7] Hornsby, P.R., Hinrichsen, E., Tarverdi, K. Preparation and properties of polypropylene composites reinforced with wheat and flax straw fibres, Part I. Fibre characterization, Journal of Materials Science, 1997; 32: 443-449.
- [8] Chen, X.Y., Guo, Q.P., Mi, X.L. Bamboo fiber reinforced polypropylene composites. A study of the mechanical properties. J. Appl. Polym. Sci., 1998; 69: 1891-1899.
- [9] Vande Velde, K., Keikens, P. Thermoplastic polymers; Overview of several properties and their consequences in flax fiber reinforced composites. Polym. Testing., 2001; 20: 885-893.
- [10] Wang, Y., Yeh, F.C., Lai, S.M., Chan H.C., Shen, H.F. Effectiveness of functionalized polyolefins as compatibilizers for polyethylene/wood flour composites. Polym. Eng. Sci., 2003; 43 (4): 933-945.
- [11] Bengtsson, M., Oksman, K. Silane Crosslinked Wood Plastic Composites: Processing and Properties. Compos. Sci. Technol., 2006; 66: 2177–2186.

- [12] Mengeloğlu, F., Kurt, R., Gardner, D.J., ve O'Neil, S. Mechanical Properties of Extruded High Density Polyethylene and Polypropylene Wood Flour Decking Boards. *Iran. Polym. J.*, 2007; 16 (7): 477-487.
- [13] Mengelolu, F., Karakus, K. Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Wheat Straw Flour Filled Recycled Thermoplastic, *Sensors* Issn 1424-8220 8. 2008a; 497-516.
- [14] Mengelolu, F., Karakus, K. Polymer-Composites from Recycled High Density Polyethylene and Waste Lignocellulosic Materials. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2008b; 17 (2), 211-217.
- [15] Mengelolu, F., Kabakcı, A. Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene composites. *Int. J. Mol. Sci.*, 2008; 9: 107–119.