



Termoplastik Esaslı Polimer Kompozitlerin Üretilmesinde Orman Budama Atıklarının Değerlendirilmesi^a

Kadir KARAKUŞ^{1,*}, İbrahim Halil BAŞBOĞA¹, Fatih MENGELÖĞLU¹

¹KSÜ, Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi AD, Kahramanmaraş

*İletişim yazarı: karakus@ksu.edu.tr

Özet

İki ya da daha fazla materyalin bir araya getirilmesi ile oluşan ve çoğu zaman kendilerini oluşturan materyallerden daha faydalı özelliklere sahip olan malzemelere kompozit malzemeler denilmektedir. Termoplastik veya termoset polimerler kullanılarak üretilen kompozit malzemeler ise polimer kompozitler olarak adlandırılmaktadır. Epoksi, üre formaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit, vb polimerler Termoset esaslı iken polistiren (PS), polipropilen (PP), polietilen (PE), polivinil klorür (PVC), polilaktik asit (PLA), vb polimerler ise termoplastik esaslıdır. Termoplastik esaslı polimerlerin içerisinde lignoselülozik esaslı atıkların (orman ve odun atıklar) takviye elamanı olarak kullanılması her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmanın amacı % 40 oranında orman budama atıklarının termoplastik esaslı kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine etkisini belirlemektir. Termoplastik polimer olarak düşük yoğunluklu polietilen (AYPE) ve polilaktik asit (PLA) kullanılmıştır. Termoplastik esaslı kompozit örnekleri ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri (çekme, eğilme ve darbe direnci) ASTM standartlarına uygun olarak Üniversal test makinesi yardımıyla morfolojik özellikleri ise taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orman budama atıkları, Düşük yoğunluk polietilen, Polilaktik asit, Enjeksiyon kalıplama metodu, Mekanik özellikler

Utilization of Forestry's Wastes in Thermoplastic Based Polymer Composites

Abstract

Composites consist of two or more materials. Composites materials can be classified into two major groups; thermoset and thermoplastic. Thermoset based polymers are generally epoxy resins, urea, phenol, melamine formaldehyde. Thermoplastic polymers are polystyrene (PS), polypropylene (PP), polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC), polylactic acid (PLA), etc. Recently, the use of lignocellulosic based wastes as fillers in thermoplastic polymer has gained tremendous attention. In this study, the effects of 40% ratios forest pruning wastes on the mechanical properties of thermoplastic based composites were determined. While low density polyethylene (LDPE) was used as thermoplastic polymer, forestry's wastes are used as filler. The samples of thermoplastic based composite were produced using extrusion and injection molding method. The Universal testing machine was used to determine the tensile, flexural, and impact properties of the manufactured composites. SEM analyses were also conducted.

^a Bu yayın TÜBİTAK tarafından desteklenen 1130254 numaralı proje kapsamında yapılan çalışmalardan üretilmiştir. TÜBİTAK'a katkıları için teşekkür ederiz.

Keywords: Forestry's wastes, Low density polyethylene, Polylactic acid, Injection molding method, Mechanical properties

1. GİRİŞ

Lignoselülozik lifler kullanılarak termoplastik esaslı kompozitlerin üretimi her geçen gün artmaktadır. Bu sayede termoplastik kompozit üretimi, odun kompozit endüstrisinde hızlı büyüyen bir sektör haline gelmeye başlamıştır. Bu kompozitlerin üretilmesinde çok farklı lignoselülozik esaslı atıklar (odun unları, tarımsal atıklar, vb.) ve polilaktik asit (PLA), polietilen (PE), polipropilen (PP) gibi termoplastik polimerler kullanılabilir. Termoplastik kompozitlerin üretilmesi ekstrüzyon, enjeksiyon ve pres kalıplama gibi çeşitli yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Lignoselülozik esaslı liflerin maliyetinin az olması, yoğunluğunun düşük olması, üretim esnasında fazla aşınmaya sebep olmaması, yüksek spesifik dirence sahip olması, bol miktarda bulunması ve doğada kolayca bozulabilmesi gibi özellikleri termoplastik kompozit üretiminde bu malzemelerin kullanılmasını cazip hale getirmiştir (Bodirli ve ark., 2009; Taj ve ark., 2007; Antich ve ark., 2006; Khalid ve ark., 2006; Georgopoulos ve ark., 2005; Renneckar, 2004; Nair ve ark., 2001). Termoplastik kompozitlerin üretilmesi ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda akçaağaç ve ladin odun lifleri, jüt, kendir, kenaf, sisal lifleri, pirinç sapları, buğday sapları gibi çeşitli lignoselülozik liflerin kullanıldığı rapor edilmiştir (Poletto ve ark., 2011; Mengelöglü ve Karakus, 2008; Mengelöglü ve Kabakçı, 2008; Taj ve ark., 2007; Antich ve ark., 2006; Bengtsson ve Oksman, 2006; Digabel ve ark., 2004; Li ve Matuana, 2003). Daha önce yapılan çalışmalarda orman budama atıklarının polilaktik asit ve alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) esaslı termoplastik kompozitlerin üretilmesinde çok fazla çalışma yapılmadığı görülmüştür.

Türkiye'de yılda 56 milyon ton tarım ürünü atığı ve 10 milyon m³ orman budama atığına (OBA) sahip olduğu belirtilmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011). Bu büyük kaynağın, lignoselülozik esaslı kompozit malzeme üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla PLA ve AYPE esaslı termoplastik kompozitler orman budama atıklarından elde edilen unlarla takviye edilerek kompozitler üretilmiş ve üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri belirlenerek standartlara uygunlukları test edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan alçak yoğunlukta polietilen (AYPE_H2-8, PETKİM) ve polilaktik asit (PLA) polimerik malzeme olarak kullanılmıştır. Dolgu maddesi olarak ise Kahramanmaraş ili Hasancıklı Köyü Orman İşletme Şefliğinden elde edilen kızılçam orman budama atıkları kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Lignoselülozik Dolgu Maddelerinin Hazırlanması

Kahramanmaraş ili Hasancıklı Köyü Orman İşletme Şefliğinden elde edilen kızılçam orman budama atıkları laboratuvar tipi CİNHELL marka BS315 UG model şerit testere kullanılarak 5 cm uzunluğunda kesilmiştir. Boyutlandırılmış olan bu atıklar tahra yardımıyla küçük yongalara dönüştürülmüştür. Daha sonra bu yongalar Wiley değirmeni kullanılarak odun unu haline getirildi. Öğütülen lignoselülozik dolgu maddeleri sarsak elek yardımı ile

sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bu çalışmada dolgu maddesi için 80 mesh (0,177 mm) elekten geçip 40 mesh (0,400) elek üzerinde kalan unlar kullanılmıştır. Kullanılan bu unların %25'i 0,177-0,250 mm boyutunda iken %75'i ise 0,25-0,400mm boyutundadır. Üretim öncesinde unlar 24 saat süreyle 103 °C de kurutma işlemine tabi tutularak hazır hale getirilmiştir.

Termoplastik Kompozitlerin Üretilmesi

Termoplastik kompozit üretiminde kullanılacak malzemelerin miktarları Tablo 1' de verilmiştir. Üretim reçetesine göre polilaktik asit (PLA) veya alçak yoğunlukta polietilen (AYPE) orman budama atıkları (OBA) unları ile yüksek devirli bir karıştırıcı içerisinde homojen bir karışım haline getirilmiştir. Bu karışım laboratuvar tipi tek burgulu bir ekstruder içerisinde eritilmiştir. Ekstruderin vida hızı 40 rpm ve sıcaklık ayarları 170-200 °C arasında ayarlanmıştır. Ekstruderden çıkan örnekler soğuk su içerisinde soğutulduktan sonra kırıcı makinesi yardımıyla küçük parçacıklar (boncuk) haline getirilmiştir. Boncuklar daha 103°C 4 saat boyunca kurutulmuş ve daha sonra HAIDA (HDX-88) marka (Şekil 1) plastik enjeksiyon kalıp makinasında Şekil 2'de gösterilen mekanik test örneklerine dönüştürülmüştür.

Tablo 1. Polilaktik asit, alçak yoğunlukta polietilen ve orman budama atıkları odun unları kullanılarak üretilen termoplastik kompozit üretimi için deneme dizaynı.

Örnek Kodu	Polimer Miktarı (%)	Dolgu Maddesi Miktarı (%)
PLA-100	100	0
PLA-60	60	40
AYPE-100	100	0
AYPE-60	60	40



Şekil 1. HAIDA marka plastik enjeksiyon kalıp makinası



Şekil 2. Üretilen kompozit test örnekleri

Termoplastik Kompozit Örneklerinin Test Edilmesi

Bu çalışmada üretilen termoplastik kompozitlerin mekanik özellikleri ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Termoplastik kompozitlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için aşağıdaki testler uygulanmıştır.

Eğilme direnci testi (ASTM D 790),
Çekme direnci testi (ASTM D 638),
Darbe direnci testi (ASTM D 256).

Eğilme direnci ve çekme direnci testleri Zwick/Roell Z010 Universal Test Makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci testleri esnasında dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri için ise test hızı 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Darbe direnci örnekleri üzerinde Polyttest RayRan çentik açma makinesi kullanılarak çentikler açılmıştır. Darbe direnci testleri Zwick marka HIT5.5P test makinesinde gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

Polilaktik asit (PLA), alçak yoğunlukta polietilen (AYPE) ve orman budama atıkları (OBA) kullanılarak üretilen termoplastik kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Üretilen örnekler üzerinde çekme, eğilme ve darbe direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2' de özetlenmiştir. Ayrıca çekme ve eğilme özellikleri ve darbe direnci değerleri Şekil 3-5'de gösterilmiştir.

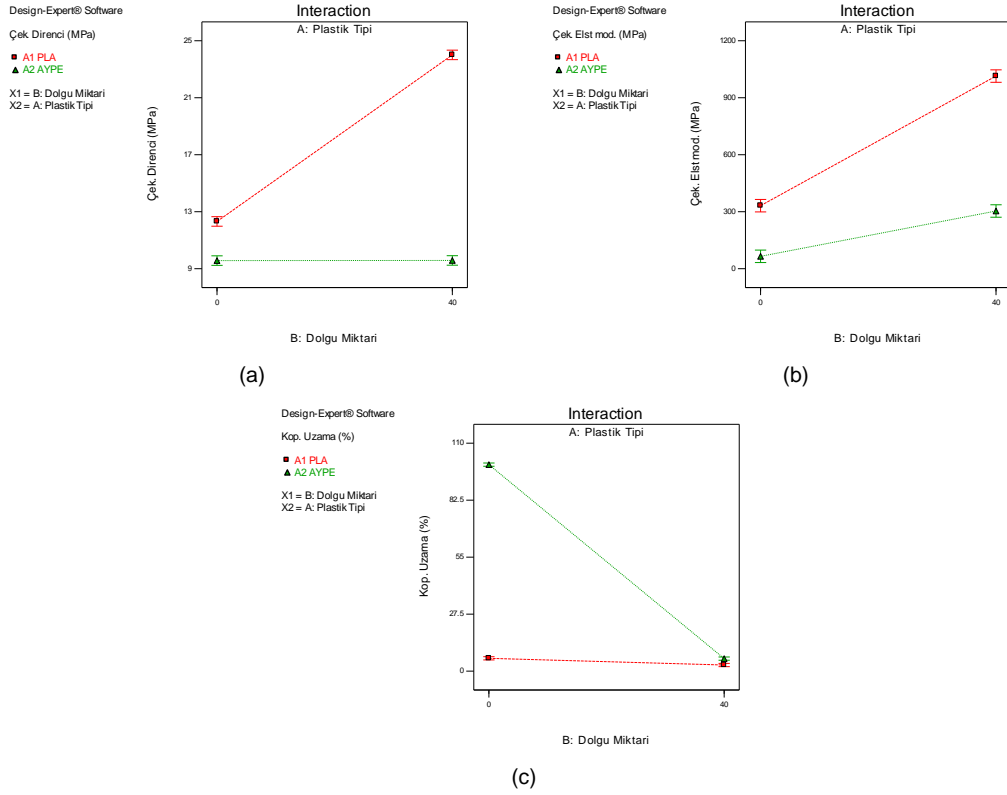
Tablo 2. Üretilen termoplastik kompozitlerin mekanik özellikleri.

Örnek	Çekme Direnci (MPa)	Çekmede Elas.Mod. (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elas.Mod. (MPa)	Darbe Direnci (Kj/m ²)
P0	12,31 (0,780)	331,68 (16,131)	6,18 (0,765)	20,75 (3,074)	688,83 (77,576)	2,44 (0,511)
P1	24,00 (0,563)	1013,88 (95,436)	2,94 (0,068)	47,71 (2,746)	2770,13 (99,894)	2,03 (0,217)
L0	9,56 (0,133)	65,03 (4,277)	99,60 (2,196)	6,98 (1,057)	107,37 (10,639)	39,74 (6,223)
L1	9,57 (0,22)	303,68 (12,64)	6,04 (0,11)	17,62 (0,88)	683,94 (50,57)	7,10 (0,44)

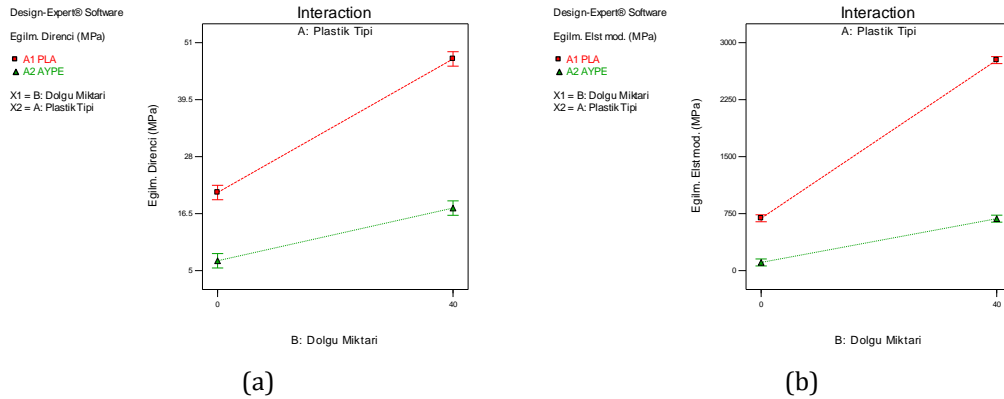
Çekme özelliklerine ait grafikler Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3-a çekme direncine ait grafiği gösterirken Şekil 3-b ve Şekil 3-c sırasıyla çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerlerini göstermektedir. Şekil 3-a incelendiğinde PLA'nın çekme direnci değerlerinin orman budama atıkları ile arttığı ancak AYPE'nin değişmediği gözlemlenmiştir. Normalde PLA değerlerinin de artmadığı hatta azalması gerekirken bu çalışmada artmış olarak bulunmuştur. Bu durum test edilen PLA kontrol örneklerinin içerisinde çok sayıda hava boşluklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Normalde içerisinde dolgu maddesi olmayan PLA örneklerinin molekül ağırlıklarına bağlı olarak 35-50 MPa arasında olması gerekirken burada da 12 MPa olarak bulunmuştur. Çekmede elastikiyet modülü değerlerine (Şekil 3-b) bakıldığında her iki grupta da orman budama atıklarının eklenmesi ile artış gözlemlenmiştir. Bu durumun odun unlarının elastikiyet modülünün termoplastiğinkinden daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bu durum karışım kuralı olarak adlandırılmaktadır. Kopmada uzama değerleri incelendiğinde (Şekil 3-c) ise orman budama atıklarının polimer matrisine katılması ile bu değerlerin düşüşü gözlemlenmiştir. Bu düşüş AYPE'de PLA'ya oranla daha belirgin olmuştur.

Eğilme direnci (Şekil 4-a) ve eğilmede elastikiyet modülü (Şekil 4-b) değerleri incelendiğinde PLA ve AYPE esaslı termoplastik kompozitlerin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Termoplastik kompozitler genelde plastik keresteler için oluşturulmuş olan ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmıştır. Bu standart, poliolefin 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; polilaktik asit ve alçak yoğunluklu polietilen ile orman budama atıkları kullanılarak üretilen

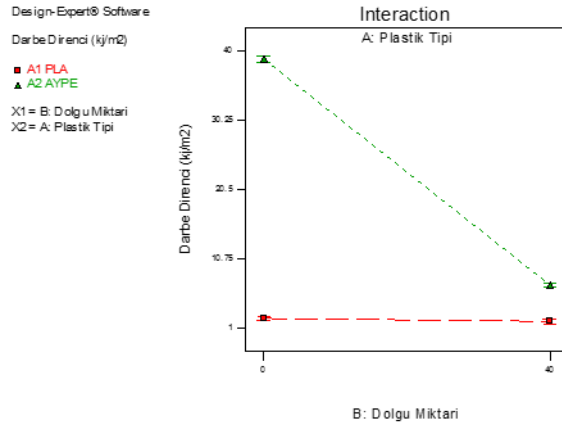
termoplastik kompozitlerin ASTM D 6662' ye göre daha yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülleri vererek, plastik kereste kullanım alanlarında değerlendirilmelerinin mümkün olduğunu göstermiştir. Darbe direnci değerlerinin de PLA ve AYPE esaslı termoplastik kompozitlerde düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 3. Çekme özellikleri a) çekme direnci, b) çekmede elastikiyet modülü ve c) kopmada uzama



Şekil 4. Eğilme özellikleri a) eğilme direnci, b) eğilmede elastikiyet modülü



Şekil 5. Darbe direnci değerleri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Polilaktik asit (PLA) ve alçak yoğunlukta polietilen (AYPE) kullanılarak orman budama atıkları (OBA) ihtiva eden termoplastik kompozitler üretilmiştir. Üretilen termoplastik kompozit malzemelerin çekme, eğilme ve darbe direnci gibi mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri incelendiğinde orman budama atıkları ile üretilen termoplastik kompozitlerin, saf plastikten üretilenlere göre daha iyi performans sağladığı tespit edilmiştir. ASTM D 6662 (2001) standardı incelendiğinde üretilen polimer kompozitlerin standartta istenilen değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile orman budama atıklarının da PLA ve AYPE esaslı termoplastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak değerlendirilebileceği gösterilmiştir. Bunun yanında 10 milyon m³ orman budama atığının (Karayılmazlar ve ark., 2011) bu şekilde değerlendirilmesi ile yeni alternatif hammadde kaynaklarının oluşmasına katkıda bulunulabilecektir.

KAYNAKLAR

- Anticha, P., Vazquez, A, Mondragon, I., Bernal, C. 2006. Mechanical behavior of high impact polystyrene reinforced with short sisal fibers, *Composites: Part A* 37:139-150.
- Bengtsson, M., Oksman, K. 2006. Silane crosslinked wood plastic composites: Processing and properties. *Compos. Sci. Technol.*, 66: 2177-2186.
- Bodirlau, R., Spiridin, I., Teaca, C.A. 2009. Influence of components ratio upon Mechanical Properties of Wood/Thermoplastic Polymer Composites, *Cellulose Chem. Technol.*, 43: (4-6), 205-209.
- Çetinel, H., 2000. Polietilen ve Polipropilenin Mekanik Özelliklerinin İncelemesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (3): 79-87.
- Digabel, F. L., Boquillon, N., Dole, P., Monties, B., Averous, L. 2004. Properties of thermoplastic composites based on wheat-straw lignocellulosic fillers, *Journal of Applied Polymer Science*, 93: 428-436.
- Georgopoulos, S.T., Tarantili, P.A., Avgerinos, E., Andreopoulos, A.G., Koukios, E.G. 2005. Thermoplastic polymers reinforced with fibrous agricultural residues, *Polymer Degradation and Stability* 90:303-312.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y. Ve Kurt, R., 2011. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13 (19), 63-75
- Khalid, M., Ali, S., Abdullah, L.C., Ratnam, C.T., Choong, S.Y.T. 2006. Effect of MAPP as coupling agent on the mechanical properties of palm fiber empty fruit bunch and cellulose polypropylene biocomposites, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No.1, pp. 79-84.

- Li, Q., Matuana, L. M. 2003. Effectiveness of Maleated and Acrylic Acid-Functionalized Polyolefin Coupling Agents for HDPE-Wood Flour Composites, *J. Thermoplast. Compos.*, 16: 551-564.
- Mengelöglu, F., Kabakci, A. 2008. Determination of Thermal Properties and Morphology of Eucalyptus Wood Residue Filled High Density Polyethylene Composites. *Int. J. Mol. Sci.*, 9: 107-119.
- Mengelöglu, F., Karakus, K. 2008. Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic, *Sensors* ISSN 1424-8220 8. s. 497-516.
- Nair, K.C.M., Thomas, S., Groeninckx, G. 2001. Thermal and dynamic mechanical analysis of polystyrene composites reinforced with short sisal fibres, *Composites Science and Technology* 61 (2001) 2519-2529.
- Poletto, M., Dettenborn, J., Zeni, M., Zattera, A.J. 2011. Characterization of composites based on expanded polystyrene wastes and wood flour, *Waste Management* 31:779-784.
- Rennekar, S.H. 2004. Modification of wood fiber with thermoplastics by reactive steam-explosion processing, Virginia Polytechnic Institute & State University, Doctor of Philosophy, in Wood Science and Forest Products, Blacksburg, VA.
- Taj, S., Munawar, M.A., Khan, S. 2007. Natural fiber-reinforced polymer composites, *Proc. Pakistan Acad. Sci.* 44 (2): 129-144.