

DOI: 10.7596/taksad.v1i4

## Atık Alüminyum Polietilen (Tetrapak) ve Pirinç Sapı Kullanılarak Üretilen Ahşap Polimer Kompozitlerin Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi\*

Alperen KAYMAKCI\*\*, Nadir AYRILMIŞ\*\*, Turgay AKBULUT\*\*

### Özet

Bu çalışmada pirinç sapı unu ile güçlendirilmiş alüminyum polietilen esaslı polimer kompozitlerin bazı mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda pirinç sapı unu, alüminyum polietilen ve uyum sağlayıcı ajan (MAPE) ikiz vidalı bir ekstruder içerisinde karıştırılarak pellet elde edilmiştir. Elde edilen pelletler enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak mekanik özellikleri belirlemek için gerekli olan numunelerin üretimi sağlanmıştır. Pirinç sapı unu miktarının artmasıyla üretilen alüminyum polietilen esaslı polimer kompozitlerin eğilme ve çekme modüllerinde artış olduğu belirlenmiştir ancak eğilme ve çekme direnci değerlerinde bir miktar azalma tespit edilmiştir. Alüminyum polietilen esaslı polimer kompozit üretiminde kullanılan maleik anhidrit polietilen uyum sağlayıcı ajanın mekanik özellikleri üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Bu çalışmayla maleik anhidrit polietilen ile muamele edilen alüminyum esaslı polietilen kompozitlerin kabul edilebilir mekanik özellikleri dolayısıyla taban döşeme malzemesi olarak kullanılabilceği belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum polietilen, tetrapak, polimer kompozit, pirinç sapı

\* Bu makale Karabük Üniversitesi tarafından düzenlenmiş olan “Tüketim Toplumu ve Çevre” konulu Ulusal Sempozyumda sunulan tebliğin geliştirilmiş şeklidir.

\*\* İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul

## **Determination of Mechanical Behaviour of Wood Polymer Composites Manufactured Using Waste Aluminium Polyethylene (Tetra Pak) and Brass Handle**

### **Abstract**

In this study, we evaluated some mechanical properties of aluminum polyethylene (Tetra Pak) composites reinforced with rice husk flour. To meet this objective, rice husk flour was compounded with aluminum polyethylene with coupling agent (MAPE) in a twin screw co-rotating extruder and then was manufactured by injection molding process. The modulus in the flexural and tensile improved with increasing rice husk flour content while the tensile and flexural strengths of the samples decreased. The use of maleic anhydride polyethylene had a positive effect on the mechanical properties of the aluminum polyethylene composites reinforced with rice husk flour. This work showed that the composites treated with maleated polyethylene could be efficiently used as decking products, due to satisfactory mechanical properties of the composites.

**Keywords:** Aluminium polyethylene, tetra pak, polymer composite, rice husk

### **1. GİRİŞ**

Ülkemizde nüfusun hızlı bir şekilde artması ile talep edilen doğal ve sentetik ürünlerin yapım aşamasında ve bu malzemelerin kullanım alanlarına bağlı olarak çok miktarda atık oluşmaktadır. Özellikle plastik, metal ve selüloz esaslı atıklar çevre problemine sebep olmaktadır. Günlük hayatımızda büyük miktarlarda plastik madde kullanılmaktadır. Kullanılan bu maddelerin çoğunun bir defa kullanılıp atılması ve hacimce çok yer kaplamaları çevre problemini de beraberinde getirmektedir. Bu sorunu çözmek için son yıllarda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Daha az atık oluşturmak için kullanılan hammaddeyi azaltmak (Reduce), bir ürünün yeniden kullanılmasını sağlamak (Reuse) ve bir malzemenin geri dönüşümünün (Recycle) gerçekleştirilmesini kapsayan “3R” kuralı birçok ülkede hayata geçirilmeye çalışılmaktadır (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008).

Yenilenebilir orman kaynaklarındaki azalma ve çevresel baskılar, orman ürünleri endüstrisini yeni odun dışı hammadde kaynakları, yeni malzemeler ve yeni üretim yöntemleri arayışına itmiştir. Ülkemizdeki orman ürünleri endüstrisine ait tarihe bakıldığında dönemsel düzeyde popüler olan orman ürünleri üzerine Türk bilim insanlarınca yeterli sayıda çalışma yapılmış ve günün gereklerine uygun olarak farklı üretim yöntemleri ve alternatif hammadde kaynaklarının uygulanması hususunda gerekli bilimsel hassasiyet gösterilmiştir. Yeni malzemeler konusunda ülkemizdeki faaliyeti 1991’li yıllarda başlamış olan ve şu an ülkemizde 9 endüstri kuruluşu ile temsil edilen ahşap polimer kompozitleri yine Türk bilim insanlarınca bu son dönemde üzerinde önemle durulan bir orman endüstri malzeme grubudur. (Bektaş ve ark, 2011)

Ahşap polimer kompozitleri, kendisini oluşturan polimer ve lignoselülozik materyale kıyasla daha üstün özelliklere sahip olmaları sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu özellikler arasında polimer malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve çevre dostu olmaları, iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri; çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları; geri dönüşümlü / atık malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir (Süinanç, 2007).

Ahşap polimer kompozit sanayinde malzemenin özelliklerini iyileştirmek ya da maliyetini azaltmak amacıyla çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır. (Atchison, 1993; Atchison, 1997; Bostancı, 1987; Ayrılmış ve Kaymakçı, 2012; Gassan ve Bledzki, 1997; Sanadi ve ark, 1994; Büyüksarı ve ark, 2010; Ayrılmış ve Büyüksarı, 2009; Kaymakçı ve ark, 2009; Karakuş ve ark, 2010; Karakuş ve ark, 2009; Kaymakçı ve ark., 2011; Ayrılmış ve ark, 2012; Çavdar ve ark, 2011). Daha önce sıkça kullanılan cam yünü, kil, kalsiyum karbonat vb. inorganik dolgu maddeleri üretim esnasında kullanılan makinelerde aşınmaya sebep oldukları ve daha maliyetli oldukları için farklı dolgu maddeleri arayışına girilmiştir. Özellikle 1920’li yıllardan sonra organik dolgu maddeleri ön plana çıkmıştır. Bu organik dolgu maddeleri yenilenebilir, ucuz, düşük yoğunlukta ve işlenmesi kolay olması dolayısıyla kısa sürede termoplastik endüstrisinde kabul görmüştür (Kabakçı, 2009).

Bu çalışmada atık alüminyum polietilen (tetrapak) ile pirinç sapı unlarının polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Üretilen polimer kompozitlerin mekanik özellikleri belirlenerek standartlara uygunlukları test edilmiştir

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 Materyal**

Bu çalışmada polimer malzeme olarak atık alüminyum polietilen (tetrapak), dolgu maddesi olarak pirinç sapı unu kullanılmıştır. Polimer matrisi olarak kullanılan tetrapak satın alma yoluyla temin edilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi ise İstanbul ve çevre illerdeki pirinç üretimi yapan işletmelerden satın alınma yoluyla elde edilmiştir. Temin edilen pirinç sapları öğütücü yardımıyla un haline getirilmiştir. Daha sonra sarsak elek yardımıyla 20–200 mesh arasında eleme işlemine tabi tutulmuş olup bu çalışmada 60 mesh boyutundaki pirinç sapı unu değerlendirilmiştir. Üretimde kullanılacak olan pirinç sapı unu içerisinde mevcut olan rutubetin uzaklaştırılması için kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

### **2.2 Kompozit Üretimi**

Polimer kompozitlerin üretilmesinde kullanılacak olan tetrapak ve pirinç sapı ağırlık oranları (%) ve deneme dizaynı Tablo 1 de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Polimer kompozit üretimi için deneme dizaynı.

<b>Kompozit</b>	<b>Tetrap</b>	<b>Pirinç sapı unu (%)</b>	<b>MAPE (%)</b>
<b>A</b>	57	40	3
<b>B</b>	47	50	3
<b>C</b>	37	60	3

Daha sonra oluşturulan bu karışım laboratuarda mevcut olan çift vidalı ekstruder içerisine besleme yapılarak eritilmiştir (Şekil 1). Ekstruderin vida hızı 40 rpm ve sıcaklık ayarları 170–190 °C arasında ayarlanmıştır.



**Şekil 1.** Çift vidalı ekstruder

Ekstruderden çıkan örnekler soğuk su içerisinde soğutulduktan sonra plastik kırma makinesi (Şekil 2) yardımıyla küçük parçacıklar haline getirilmiştir.



**Şekil 2.** Plastik kırma makinesi

Elde edilen küçük parçacıklar enjeksiyon ile kalıplamadan önce 3-4 saat boyunca kurutma fırınında kurutulmuştur. Kurutulan küçük parçacıklar enjeksiyon basıncı 4- 5 MPa arasında değişen enjeksiyon kalıplama makinesinde (Şekil 3) 30 sn soğuma hızı kullanılarak mekanik testlerde kullanılacak test materyali haline getirilmiştir.



**Şekil 3.** Enjeksiyon kalıplama makinesi

Daha sonra elde edilen örneklerin ASTM 618-08’de belirtilen şartlara uygun olarak hazırlanan klima odalarında uygulanacak performans testleri öncesi kondisyonlanması sağlanmıştır.

### **2.3 Termoplastik Polimer Kompozit Örneklerinin Test Edilmesi**

Üretilen polimer kompozit örneklerinin eğilme ve çekme direnci testleri Şekil 4’ de gösterilen 10 KN’ lik Lloyd LS 100 Universal test makinesinde gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesi amacıyla uygulanan testler ASTM D 790’a göre yapılmıştır. İlgili standardın öngördüğü şekilde 3.5x13x128 mm boyutunda örnekler enjeksiyon kalıplama yöntemiyle hazırlanmıştır. Deney numunelerinin boyutları 0,01 mm duyarlıkta ölçülerek belirlenmiştir. Deney parçasının yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık 80 mm olarak ayarlanmıştır. Yük deney parçasının yüzeyine değişmez bir hızla yeknesak olarak yüklenmiş ve deney hızı 2 mm/dak olacak şekilde ayarlanmıştır. Kırılma anındaki kuvvet (Pmax) okunup eğilme direnci (ED) aşağıdaki eşitliğe (1) göre hesaplanmıştır.

$$ED = \frac{3.P \max .L}{2.b.h^2} \quad (1)$$

Burada,

ED: Eğilme direnci (MPa)

Pmax: kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

L: Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b: Deney parçasının eni (mm)

h: Deney parçasının kalınlığı (mm)

Elastikiyet modülünün belirlenmesinde eğilme direnci numuneleri kullanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı ( $\Delta F$ ) ve örnekteki sehmlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark ( $\Delta f$ ) kullanılarak, elastiklik modülü (EM), aşağıdaki eşitlikten (2) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$EM = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \quad (2)$$

Burada,

EM: Elastikiyet modülü ((MPa)

$\Delta F$ : Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

L: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

$\Delta f$ : Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehmlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

b: Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

h: Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)

Çekme direncinin tayini ASTM D638'e göre köpek kemiği (dogbone shape (type 3)) şeklindeki numunelerle 5 mm/dak. test hızında gerçekleştirilmiştir. Deneyden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı 0,01 duyarlıkta (axb) ölçülüp, kırılma anındaki maksimum kuvvet (Pmax) belirlenerek çekme dirençleri (ÇD) aşağıdaki eşitlikle (3) hesaplanmıştır.

$$\text{ÇD} = \frac{P_{\max}}{ab} \quad (3)$$

Burada;

ÇD: Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

Pmax = Maksimum yük ( N)

a ve b = Deney parçasının enkesitsel boyutları (mm<sup>2</sup>)

Çekmede Elastikiyet Modülü belirlenmesinde çekme direnci numuneleri kullanılmıştır. Çekme direnci ve deney sırasında oluşan birim uzama dikkate alınarak aşağıdaki eşitlikle (4) hesaplanmıştır.

$$\zeta_{EM} = \frac{\delta_{\zeta d}}{\varepsilon} \quad (4)$$

E= Çekmede Elastikiyet Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$\delta_{\zeta d}$  = Çekme Direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$ = Çekme deneyi kopma sırasında oluşan birim uzama



Şekil 4. Universal test makinesi

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Mekanik Özellikler

Atık alüminyum polietilen (tetrapak) ve pirinç sapı unu kullanılarak üretilen polimer kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Üretilen örnekler üzerinde çekme ve eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir.

**Tablo 2.** Üretilen polimer kompozitlerin mekanik özellikleri

Kompozit tip	Mekanik Özellikler				
	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Eğilme direnci (MPa)	Eğilmede elastikiyet	Çekme direnci (MPa)	Çekmede elastikiyet
			modülü (MPa)		modülü (MPa)
A	1.14 (0.02)*	38.0 (2.9)	2493 (204)	22.7 (1.7)	2044 (320)
B	1.15 (0.04)	32.9 (1.1)	3062 (186)	27.8 (2.7)	2340 (155)
C	1.15 (0.01)	25.1 (3.6)	3360 (178)	18.8 (2.7)	2813 (661)

\* Parantez içerisindeki değerler standart sapmaları ifade etmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde pirinç sapı unu oranının artmasına paralel olarak eğilme direncinde bir miktar düşüş görüldüğü söylenebilmektedir. Lignoselülozik maddelerin kompozit içerisindeki miktarı arttıkça eğilme direncinde bir miktar düşüş olabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Chaharmahali ve ark., 2010). Hidrofil karakterde olan lignoselülozik madde ve hidrofobik plastik arasındaki zayıf bağlanma, lignoselülozik maddenin polimer matrisi içerisinde homojen olarak dağılmasını da engellemektedir ve bölgesel yığılmalara neden olmaktadır

Ayrılmış ve Kaymacı (2012) yaptıkları çalışmada bu araştırma ile paralel sonuçlar elde etmiş ve eğilme direncinde görülen azalmayı şu şekilde ifade etmişlerdir. Kompozit malzemelerde görülen en büyük problemlerden birisi yüzeyler arası bağlanmanın tam olarak sağlanamamasıdır. Eğer bu bağlanma yeterli düzeyde değilse karşılaşılan yük eşit bir şekilde dağıtılamaz ve bu da eğilme direncinde azalmaya sebep olur.

Eğilmede elastikiyet modülüne incelediğimizde ise pirinç sapı unu miktarındaki artışın bu direnci olumlu şekilde artırdığını gözlemlemekteyiz. Bu durum basitçe karışım kuralıyla açıklanabilir (Matuana ve Balatinecz, 1998). Lignoselülozik materyal plastik malzemeye kıyasla daha yüksek elastikiyet modülüne sahiptir ve bu sebeple iki malzemenin karıştırılması esnasında lignoselülozik madde miktarı arttıkça bu değerinde artması beklenmektedir. Bu durum bu tip kompozitlerin önemli avantajlarından bir tanesidir. Ayrıca polimer kompozitlerin kullanım alanları bakımından genelde plastik kerestelere alternatif olarak düşünüldüklerinden dolayı bunların ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmıştır. Bu standarda göre eğilme direnci değerlerinin en az 6.9 MPa ve elastikiyet modülünün ise 340 MPa olması istenmektedir. Tablo 2' de görüldüğü gibi; mısır sapı unları ve geri dönüşüm YYPE kullanılarak üretilen polimer-kompozitlerin daha yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülleri vererek, plastik kereste kullanım alanlarında değerlendirilmelerinin mümkün olduğunu göstermiştir.

Çekme direnci değerleri incelendiğinde polimer kompozitler içerisindeki pirinç sapı unu oranı arttıkça bu direncin genel olarak azaldığı gözlemlenmiştir. Lignoselülozik madde



miktarı arttıkça çekme direncindeki azalma polimer matris ile pirinç sapı unu arasındaki zayıf yüzeyler arası bağlanmanın işaretidir (Clemons, 2002; Sharan, 2011; Lu ve ark., 2005). Çekme direncindeki bu azalma daha önce benzer çalışmalara da konu olmuştur (Klyosov, 2007; Yao ve ark., 2008; Nourbakhsh ve ark., 2011) Çekmede elastikiyet modülünde de karışım kuralına uygun olarak elastikiyet modülünün arttığı görülmüştür. Sonuç olarak, kompozit içerisinde pirinç sapı unu miktarı artırıldıkça çekme ve eğilme direnci değerlerinin azaldığı ancak elastikiyet modüllerinde artma olduğu gözlemlenmiştir.

#### **4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada pirinç sapı unu ve atık alüminyum polietilen (tetrapak) kullanılarak polimer kompozitler üretilmiştir. Üretilen polimer kompozit malzemelerin çekme ve eğilme direnci gibi temel mekanik performans özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler göz önüne alındığında pirinç sapı unu miktarının artırılması üretilen polimer kompozitlerin çekme ve eğilme direncini azalttığı ancak elastikiyet modüllerini arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ile pirinç sapı unu ve atık alüminyum polietilen (tetrapak), polimer kompozitlerin üretilmesinde başarıyla kullanılabilmesi belirlenmiştir. Ancak hazırlanacak reçetenin üretim yönteminde göre belirlenmesi son derece büyük önem arz etmektedir. Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilecek ahşap polimer kompozit içerisindeki lignoselülozik materyal içeriğinin en fazla % 50 olarak seçilmesi uygundur. Çünkü bu oranın üzerinde plastiğin erime akış indeksi azalmaktadır. Bu ise üretimde kullanılan kalıpların dolmasını ve düzgün yüzey oluşturulmasını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu üretim reçetesine uygun olarak üretilen ahşap polimer kompozitlerini dış cephe kaplaması, deck (taban döşeme malzemesi), parke deck, pergole, korkuluk, çiçeklik ve çit malzemesi olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Gassan, J. and A.K. Bledzki. (1997). The Influence of fibre-surface treatment on the mechanical properties of Jute-polypropylene composites. *Composites Part A*, 28: 1001-1005.
- Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut, T. (2011). Doğal Liflerle Takviye Edilmiş Çevre Dostu Yeni Nesil Biyopolimer Kompozitlerin Teknolojisi Ve Hayatımızdaki Yeri, 1. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu, 372-385.
- Ayrılmış, N., Buyuksarı, U. (2009). Utilization of olive mill sludge in manufacture of lignocellulosic/polypropylene composite, *Journal of Materials Science*, 45:1336-1342.
- Karakuş, K., Güleç, T., Kaymakçı, A., Mengeloğlu, F. (2010). Mısır Sapı Unlarının Dolgu Maddesi Olarak Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Vol:4, s. 2013-2020, Artvin.

- Karakuş, K., Güleç, T., Kaymakçı, A., Aksu, T., Kırt, A., Özder, M.E., Mengeloğlu, F. (2010). Ekstrüzyon Yöntemi İle Farklı Dolgu Maddeleri Kullanılarak Üretilen Polimer Kompozitlerin Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, Kocaeli.
- Kaymakçı, A., Güleç, T., Karakuş, K., Kayış, S., Mengeloğlu, F. (2009). Pamuk Karpeli ve Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi, 5-7 Kasım 2009, s. 273-277, Bartın.
- Karakuş, K., Güleç, T., Kaymakçı, A., Tekin, S., Mengeloğlu, F. (2009). Geri Dönüşüm Yüksek Yoğunluklu Polietilen Esaslı Polimer Kompozit Üretiminde Fıstık Kabuğu Kullanılması, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi, 5-7 Kasım 2009, s. 264-267, Bartın.
- Ayrilmis, N., Kaymakçı, A. (2012). Fast growing biomass as reinforcing filler in thermoplastic composites: Paulownia elongata wood, Industrial Crops and Products 43 (2013) 457– 464.
- Cavdar, A. D., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F. (2011). Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: the effects of plastic type and fiber loading, 30(10) 833–844.
- Buyuksari, U., Avcı, E., Ayrilmis, N., Akkilic, H. (2010). Effect of pine cone ratio on the wettability and surface roughness of particleboard, Bioresources, 5(3), 1824-1833.
- Sanadi, A.R., D.F. Caufield and R.M. Rowell. (1994). Reinforcing polypropylene with natural fibres. Plastic. Eng., 4: 27-27.
- Atchison, J.E. (1993). World Wide Capacities For Non-Wood Plant Fiber Pulping-Increasing Faster Than Wood Pulping Capacities. Nonwood Plant Fiber, Progress Report No. 19. TAPPI, 1, 1991
- Bostancı, Ş. (1987). Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. K.T.Ü Orman Fak., Yay. No. 114 / 13, Trabzon, s. 299.
- Kabakçı, A. (2009). Buğday Sapı Unu Oranının ve Plastik Tipinin Odun-Plastik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Süinaç, Ö. F. (2007). Odun Plastik Kompozitlerinin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Yerleri Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Bektaş, İ., Kaymakçı, A., Karagöz, Ü. (2011). The Studies Made by Turkish Scientists Related to Composite Materials Based on Non Wood Product and Present Status, 2nd International Non Wood Product Symposium, Pp: 171- 177, Isparta, Turkey.

- Ayrilmis, N., Akbulut, T., Elmas, G., Kaymakci, A. (2012). High Performance Lignocellulosic/Thermoplastic Composite From Rice Husk and Aluminium Polyethylene of Used Beverage Carton, 7 th Annual International Conference on Environment, Athens, Greece
- Mengelglu, F., Karakus, K. (2008). Polymer-Composites from Recycled High Density Polyethylene and Waste Lignocellulosic Materials. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (2); 211-217.
- Klyosov, A.A. (2007). *Wood-Plastic Composites*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 702p.
- Sharan, A. (2011). Strength characteristics of fibre reinforced compacted pond ash. MSc Thesis, National Institute of Technology, Rourkela, India, 96 p.
- Ashori, A., Nourbakhsh, A. (2009). Mechanical behavior of agro-residue-reinforced polypropylene composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 111, 2616–2620.
- Clemons, C.M. (2002). Wood-plastic composites in the United States: the interfacing of two industries. *Forest Prod. J.* 52 (6), 10–18.
- Lu, J.Z., Wu, Q., Neguluscu, I.I. (2005). Wood-fiber/high-density-polyethylene composites: coupling agent performance. *J. Appl. Polym. Sci.* 96, 93–10.
- Yao, F., Wu, Q., Lei, Y., Xu, Y. (2008). Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: effect of fiber type and loading. *Ind. Crop Prod.* 28 (1), 658 63–72.
- Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. veMirbagheri Y. (2010). Mechanical and Physical Properties of Wood-plastic Composite Panels, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29, 310–319.