



Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/omuanajas>



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 30 (2015) 43-50
ISSN: 1308-875 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: [10.7161/anajas.2015.30.1.43-50](https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.1.43-50)



Farklı kompozit malzemelerin üretilmesi ve bazı teknik özelliklerinin belirlenmesi

Kaan Emre Engin*, Turhan Koyuncu, Fuat Lüle

Adıyaman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Merkez, Adıyaman
*Sorumlu yazar/corresponding author: kengin@adiyaman.edu.tr

Geliş/Received 23/09/2014 Kabul/Accepted 20/01/2015

ÖZET

Bu çalışmada; keten lifi, mısır sapı, ayçiçeği sapı, su kamışı, arpa samanı gibi beş farklı doğal destek malzemesi ile cam yünü ve karbon lifi gibi iki farklı sentetik destek malzemesi belirli oranlarda (2.5 g lif/72.5 g PE, 5 g lif/70 g PE, 7.5 g lif/67.5 g PE ve 10 g lif/65 g PE) yüksek yoğunluklu polietilen matris içerisine yerleştirilerek, lif takviyeli kompozit lamine levhalar üretilmiştir. Liflere ya da matrise herhangi bir ön kimyasal işlem uygulanmamıştır. Kompozit lamine levhalar presle kalıplama yöntemi ile üretilmiş, sonrasında ise çekme ve ısı testlerine tabi tutulmuşlardır. Sonuçlar; kompozit numunelerin çekme mukavemetlerinin desteklenmemiş polietilen numunelere göre daha düşük olduğunu fakat mısır sapı, ayçiçeği sapı ve su kamışı ile desteklenmiş kompozit numunelerin, cam yünü ve karbon lifi ile desteklenmiş kompozit numunelere çok yakın çekme mukavemetine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca kompozit numuneler yüksek sıcaklığa karşı, desteklenmemiş polietilene göre daha az deformasyon göstermişlerdir.

Anahtar Sözcükler:
Doğal lif
Kompozit malzeme
Sentetik lif
Yüksek yoğunluklu polietilen

Production of different composite materials and determination of some technical properties

ABSTRACT

In this study, five different natural reinforce materials as flax fiber, corn stalk, sunflower stalk, reedmace, barley straw and two different synthetic reinforce materials as glass fibers and carbon fibers with different ratios (2.5 g fiber/72.5 g PE, 5 g fiber/70 g PE, 7.5 g fiber/67.5 g PE and 10 g fiber/65 g PE) were placed inside high density polyethylene matrix to produce fiber reinforced composite. No chemical pretreatment were made to the fibers or the matrix. Composite laminate sheets were produced by compression molding process, then tensile tests and heat tests were conducted. Results show that; tensile strengths of the composite samples are lower than unreinforced polyethylene but corn stalk, sunflower stalk and reedmace reinforced sample's tensile strengths are very close to the composite samples reinforced with glass and carbon fibers. Furthermore most composites show lower deformation against high temperature than unreinforced polyethylene.

Keywords:
Composite material
High density polyethylene
Natural fibers
Synthetic fibers

© OMU ANAJAS 2015

1. Giriş

Ekonomik ve çevresel etkiler bina, paketleme, otomotiv ve diğer üretim alanlarında yeni malzemelerin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Yeni malzemeler içinde en ilgi çekici olanı ise bitkisel kaynaklı, doğal lif takviyeli polimer malzemelerdir (Engin, 2008). Doğal lif takviyeli polimer malzemeler giderek daha önemli bir kullanım potansiyeline sahip olmaktadır. Bu durum genel anlamda polimerlerin, metallere göre aşınma, darbe dirençlerinin

daha fazla olması ve aynı ağırlık oranında daha yüksek mukavemete sahip olmalarından ileri gelmektedir (Chai ve ark., 2012; Shalwan ve Yousif, 2013). Bitki liflerinin üstün mekanik özellikleri ve çeşitli işlemler sonucu plastik matris içine yerleştirilmeleri sonucunda ortaya dayanımı yüksek, üstün kalite de plastik kompozit malzemeler çıkabilmekte ve destek malzemesi olarak kullanılan cam, kevlar ve karbon gibi sentetik liflere de güçlü bir alternatif oluşturmaktadırlar (Azwa ve ark., 2013).

Termoplastik malzemeler, endüstriyel uygulamalar

içerisinde birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Termoplastiklerin geri dönüşebilir olması, termosetler ile karşılaştırıldığında büyük bir avantaj sağlamaktadır (Kumar ve ark., 2011; Glew ve ark., 2012). Polietilen çok yüksek oranda geri dönüştürülebilir kapasitesine sahip ve birçok çeşidi (yüksek yoğunluklu polietilen, alçak yoğunluklu polietilen, çizgisel alçak yoğunluklu polietilen, çok alçak yoğunluklu polietilen) bulunan bir termoplastik malzeme olup, üretim sanayinde kendine büyük bir yer bulmaktadır (Achilias ve ark., 2007; Parada-Soria ve ark., 2013).

Doğal lif takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) üzerine yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) içinde kullanılan ağaç lifleri yerine saman ve mısır sapı kullanılması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve samanın neredeyse ağaç lifleri ile yarışacak düzeyde malzeme özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir (Panthapulakkal ve Torres, 2002; Panthapulakkal ve Sain, 2007). YYPE matris içerisine rastgele dağılımlı olarak yerleştirilen aloe vera liflerinin de çekme dayanımını belirgin düzeyde iyileştirdiği görülmüştür (Engin, 2008).

Yüksek yoğunluklu polietilen üzerine yapılan başka bir çalışma da ise hurma ağacı sapları dolgu malzemesi olarak kullanılmış ve meydana gelen kompozitin çekme dayanımının cam lifleri ile desteklenen kompozitten çok daha fazla olduğu bildirilmiştir (Aldousiri ve ark., 2013). Ananas ağacı liflerinin, YYPE matrise yerleştirilmesi sonucu oluşan kompozitin termal özelliklerinin iyileştiği gözlemlenmiştir (Araujo ve ark., 2008). Aynı şekilde Brezilya palmyesinden elde edilen liflerin de kompozitin çekme dayanımını arttırdığı ve termal özelliklerinde de belirgin iyileşmeler gösterdiği bildirilmiştir (Elzubair ve Suarez, 2012). Fakat tavuk tüylerinden elde edilen keratin liflerinin, kompozitin sadece sertliğini arttırdığını, çekme dayanımını ise azalttığı belirlenmiştir (Barone ve ark., 2005). Sisal (Sabır ağacı) lifi takviyeli kompozitin sıcak kalıplama yöntemi ile üretilmesi sonucunda ise çekme dayanımının bariz şekilde düştüğü ve lif oranı arttıkça malzeme yumuşaklığının giderek azaldığı görülmüştür (Chianelli ve ark., 2013).

Yüksek Yoğunluklu Polietilen matris ve farklı doğal lifler ile elde edilebilecek kompozit malzemeler büyük bir araştırma potansiyeline sahiptir. Genel bütünlüğe bakıldığında; YYPE matris içerisine yerleştirilen farklı dolgu malzemeleri sonucu oluşan kompozitin, saf YYPE'e göre mekanik özelliklerine farklı katkılar sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada YYPE matris içerisine çeşitli oranlarda yerleştirilen doğal lifler; aynı matris içerisine, aynı oranlarda yerleştirilen sentetik liflerle karşılaştırılarak, mekanik özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Literatürde presle kalıplama tekniği kullanılarak üretilen doğal lif destekli yüksek yoğunluklu polietilen lamine levha örneği azdır. Eğer ülkemizde hasat sonrası atıl halde kalan lif ve saplar yüksek yoğunluklu polietilen levha içerisine yerleştirilerek, dayanımı yüksek kompozit malzeme elde edilebilirse, bu durum ekonomik olarak büyük bir kazanç sağlayacaktır.

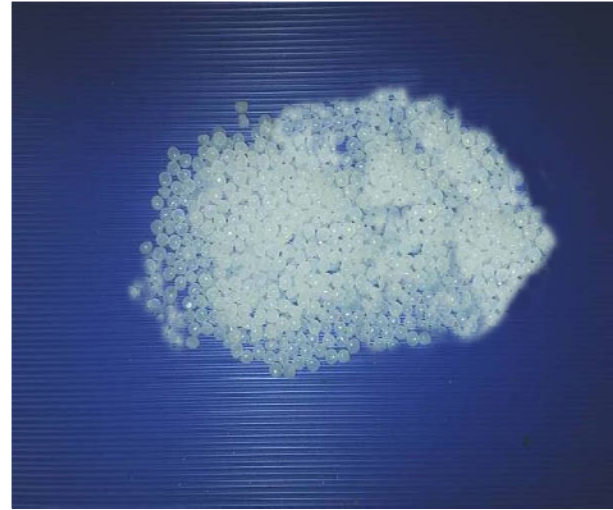
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Üretilen kompozit malzemeler; matris olarak adlandırılan ve ana gövdeyi oluşturan termoplastik malzeme ve bu matris içerisine yerleştirilen herhangi bir ön kimyasal işleme tabi tutulmamış doğal veya sentetik liflerden oluşmuştur. Matrisi ve lifleri oluşturan malzemeler ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE)

Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) günlük ve endüstriyel kullanımı çok yaygın olan bir termoplastik türüdür. Çalışmada matris malzemesi olarak tercih edilen YYPE, National Petrochemical Company tarafından imal edilmiştir. Granül formundaki YYPE Şekil 1'de, malzeme özellikleri ise Çizelge 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Yüksek yoğunluklu polietilen granülleri (YYPE) granülleri

Çizelge 1. Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Özellikleri (Engin, 2008).

Özellikler	Değerler
Ergiyik Akış İndeksi	0.35 gr/10 min
Yoğunluk	0.964 gr/cm ³
Molekül Ağırlığı Dağılımı	30-45
Gerilme Dayanımı	225-350 kg/cm ²
Kopmada Uzama	> %500
Esneklik Modülü	12.000 kg/cm ²
Sertlik (Rockwell)	65
Darbe Dayanımı	> 35 kg.m/cm ²
Baskıyla Kırılma Dayanımı	40 saat
Yumuşama Noktası	128 °C
Erime Noktası	134 °C
Kırılma Noktası	< -80 °C

2.1.2. Doğal lifler

Çalışmada doğal lif destekleri olarak keten lifleri, mısır sapı, ayçiçek sapı, su kamışı ve arpa samanı kullanılmıştır.

Keten (*Linum usitatissimum*), geleneksel olarak halat, çadır bezi ve elbise yapımında kullanılan bir bitki türüdür. Diğer bitki bazlı liflerden ayrı olarak, düşük yoğunlukta olmalarına rağmen göstermiş oldukları üstün mekanik özelliklerden ve çevresel faydalarından dolayı kompozit uygulamalarında lignoselülozik destek malzemesi olarak geniş bir uygulama alanı vardır (Mohanty ve ark., 2000; Mwaikambo ve Ansell, 2006; Baley ve Bourmaud., 2014). Çalışmada kullanılan lifler piyasada hazır halde bulunan fitil haliyle satın alınmıştır.

Mısır (*Zea mays L.*) çok eskiden beri tarımı yapılan ve güneş enerjisini besine çevirmede yüksek bir çevirme oranı sağladığı için üzerine birçok araştırma yapılmış bir bitki türüdür. Özellikle yetiştirme süresinin kısalığı ve uygulama alanlarının çeşitliliği mısırın ülkemizde de yaygın olarak üretilmesini sağlamaktadır (Güzel, 2002). Çalışmada kullanılan mısır sapları Adıyaman ilinin Kahta ilçesinde bulunan mısır tarlalarından hasat sonrası toplanmıştır.

Ülkemizde ekimi yapılan yağlı tohumlu bitkiler içinde ekim alanı ve üretim bakımından birinci sırayı ayçiçeği (*Helianthus annuus*) almaktadır (Anonim, 2013a). Özellikle Trakya ve Ege bölgesinde ağırlıklı olarak üretimi yapılan ayçiçeğinin hasat sonrası arta kalan sapları yetiştiriciler için bir sorun teşkil etmekte ve anız olarak yakılmaktadırlar. Bu durum toprak kalitesini düşürmektedir. Eğer bu saplar, polimer malzemelere destek elemanı olarak eklenebilirlerse hem ekonomik, hem de çevresel anlamda pozitif bir kazanım elde edilebilecektir. Çalışma da kullanılan ayçiçeği sapları Adıyaman ilinin Kahta ilçesinde bulunan ayçiçeği tarlalarından hasat sonrası toplanmıştır.

Su kamışı (*Phragmites australis*) çok yaygın olarak bulunan bir bitki türüdür (Holm ve ark., 1977). Uzun ömürlü ve sağlam bir bitki olup boyları yaklaşık 6 m

yüksekliğe ulaşabilmektedir (Strausbaugh ve Core, 1977). Ülkemizde genellikle sulak yerlerde, dere, göl ve nehir kenarlarında yetişmektedirler. Kamışlar kurutulduktan sonra hasır, sepet, vb. gibi süs eşyası yapımında kullanılmaktadırlar. Kamış sapları Adıyaman'ın Kahta ilçesinde bulunan Girne ve Kanigenik derelerinin kenarlarından toplanmıştır.

Arpa (*Hordeum vulgare L.*) bitkisi ekimi ve üretimi yaklaşık 10.000 yıl öncesine kadar dayanmaktadır (Badr ve ark., 2000). Arpa bitkisi ülkemizde genellikle besin amaçlı ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Çalışmalarda kullanılan arpa samanı Adıyaman ilinin Kahta ilçesinde tarlalardan hasat sonrası elde edilmiştir. Çalışma için toplanan bitkiler Şekil 2'de, lif yapıları ise Çizelge 2'de görülmektedir.

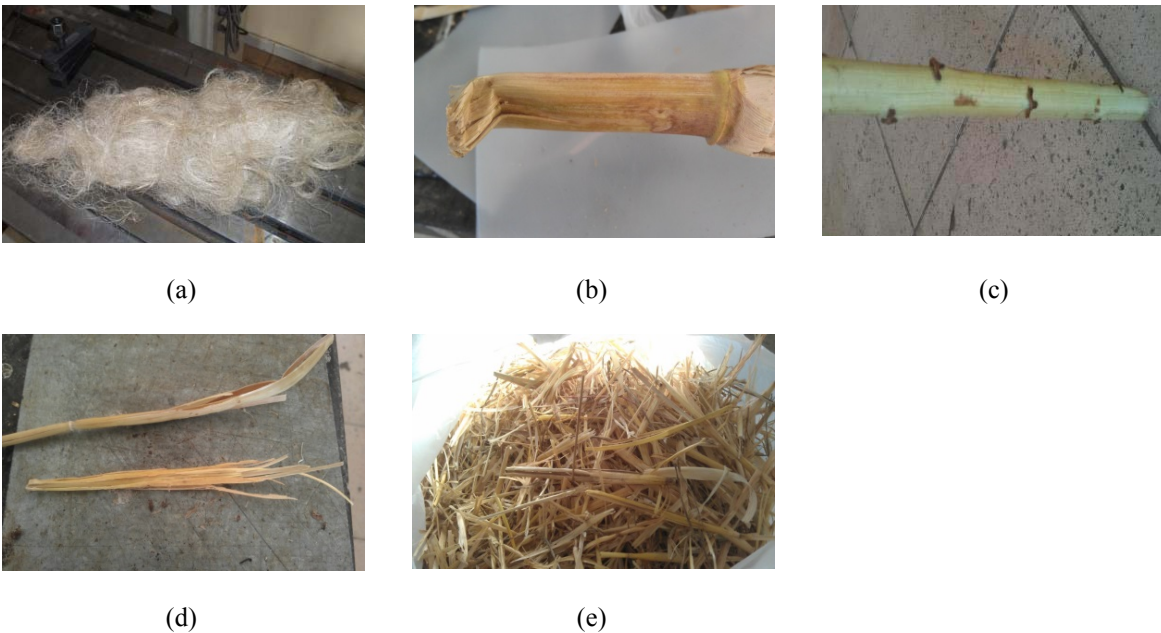
2.1.3. Sentetik lifler

Çalışmada sentetik lif olarak cam ve karbon lifleri kullanılmıştır. Cam lifleri, yüksek sıcaklık dayanımına, saydamlık ve teknik amaçlara uygunluk özelliklerine sahiptir. Çekme dayanımına olabilecek muhtemel katkısını görmek amacıyla kolektör şiltesi olarak adlandırılan cam yünü çeşidi tercih edilmiştir.

Karbon lifleri ise yüksek dayanımları ile tanınmaktadır. Başlıca uygulama alanları; savunma amaçlı giysiler, uzay araçları, otomobil sektörü ve medikal uygulamalardır (Yaman ve ark., 2007). Çalışmada kullanılan karbon ve cam lifleri Şekil 3'te, fiziksel ve mekanik özellikleri ise Çizelge 3 ve Çizelge 4'te görülmektedir.

2.2. Yöntem

Çalışmanın tamamı Adıyaman Üniversitesi atölyelerinde gerçekleştirilmiş ve numunelerin üretilmesinde presle kalıplama yöntemi uygulanmıştır. Matris malzemesi olan yüksek yoğunluklu polietilen granül



Şekil 2. Çalışmada kullanılan doğal lifler: (a) Keten lifi, (b) Mısır sapı, (c) Ayçiçek sapı, (d) Su kamışı, (e) Arpa samanı

Çizelge 2. Kullanılan doğal liflerin yapısı

Malzeme	Selüloz* (%)	Hemiselüloz* (%)	Pektin* (%)	Lignin* (%)	Literatür
Keten	71.2	18.5	2.0	2.2	(Saçak, 1994)
Mısır sapı	38.0	26.0	2.0	19.0	(Lee ve ark., 2007)
Arpa samanı	42.0	28.0	-	-	(Lee ve ark., 2007)
Ayçiçek sapı	36.0	24	12.7	27.3	(Akpınar ve ark., 2011)
Su kamışı	43.0	30.5	6.5	20	(Kraiem ve ark., 2013)

*: Doğrudan literatürden alınmış olup, farklı tip şekerlerin toplanması ile bulunmuştur (Selüloz = Glukan; Hemiselüloz= Xylan + Arabinan + Galactan + Mannose). Lignin toplam lignin (asitle çözünebilen lignin + asitle çözünemeyen lignin)



Şekil 3. Çalışmada kullanılan sentetik lifler (a) Karbon lifi, (b) Cam yünü (Kolektör şiltesi)

Çizelge 3. Karbon liflerinin fiziksel ve mekanik özellikleri (Yaman ve ark., 2007).

Özellik	Değerler
Elastikiyet Modülü	228 GPa
Çekme Dayanımı	380 MPa
Kopma uzaması	1.6 (%)
Elektriksel öz direnç	1650 $\mu\Omega\text{cm}$
Isıl iletkenliği	20 W/mK
Yoğunluk	1.8 g/cm ³
Karbon içeriği	95 %
Lif çapı	6-8 μm

Çizelge 4. Cam yününün fiziksel ve mekanik özellikleri (Anonim, 2013b).

Özellik	Değerler
Dinamik Elastisite Modülü	0.8 kN/m ²
Yoğunluk	11 kg/m ³
Isı iletim Direnci	115 m ² K/W
Isıl iletkenliği	0.043 W/mK
Özgül Isıl Kapasitesi	0.84 kJ/(kgK)
Azami Hizmet Sıcaklığı	250°C

halde olduğundan ilk olarak granüllerden bir levha elde edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için granüller, kalıba yapışmayı engelleyen alüminyum folyo ile kaplanmış olan 200x150x1 mm boyutlarında kalıp içerisine yerleştirilmiştir. Hazırlanmış olan kalıplar kurutma fırınına konularak ASTM D4703-10 standartlarına göre 140 °C'de 10 dakika tutulmuş ve granüllerin tamamen erimesi sağlandıktan sonra yüksek yoğunluklu polietilen ergiyiğini

taşıyan kalıp hızlı bir şekilde kurutma fırınından çıkarılarak, 25 ton kapasiteli hidrolik preste 3 ton basınç altında preslenmiş ve kalıp tamamen soğuyana kadar bekletilmiştir. Bu sistemde yapılan ön denemelerde nihai kalınlık olan 2 mm kalınlığındaki polietilen levhanın her noktada eşit dağılıma ve kalınlığa sahip olduğu ağırlık değerlerinin ortalama 75 g olduğu belirlenmiştir. Preslenmiş kalıp Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Preslenmiş kalıp

Polietilen granüllerinden oluşan 1 mm kalınlığındaki levhalar hazırlandıktan sonra 4.5 cm boyunda kesilen lifler belirli oranlarda (2.5 g lif/72.5 g PE, 5 g lif/70 g PE, 7.5 g lif/67.5 g PE ve 10 g lif/65 g PE) iki levha arasına rastgele dağılımlı olarak yerleştirilmiştir. Levha üretme metodunda yapılan ve ASTM D4703-10 standardına uygun olan işlemler burada da tekrarlanarak, aynı sıcaklık değerlerinde ve sürelerde ısıtılarak, tekrar presleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu şekilde 2 mm kalınlığında lif takviyeli kompozit lamine levhalar üretilmiştir.

Üretilen lif takviyeli levhalar çekme ve ısı testlerine tabi tutulmuştur. Çekme testi için numuneler TS EN ISO 527-2 standartlarına göre levhalardan el testeresi ile kesilerek hazırlanmış ve çekme testleri Zwick Z0.5 TH marka çekme testi cihazında yapılmıştır. Hazırlanan örnekler Şekil 5'te, çekme cihazının özellikleri ise Çizelge 5'te görülmektedir.

Isı testinde amaç (Engin, 2008); hazırlanan aynı boyuttaki lif takviyeli levhaların ısıya tabi tutularak, yumuşama sıcaklığının altındaki (120 °C) ve erime sıcaklığının üstündeki (185 °C) sıcaklık değerlerinde U şeklinin ağız kısımlarında oluşacak deformasyonları gözlemlemektir. İki set halinde hazırlanan örnekler, liflerin



Şekil 5. Çekme testi için hazırlanan örnekler

etkisinin tam olarak görülebilmesi için 10 g lif/65g PE levhalardan 10x90mm boyutlarında dikdörtgen parçalar halinde kesilmiş ve malzemenin şekil verilebilecek düzeyde yumuşaması amacıyla 130 °C'de 10 dakika boyunca bekletildikten sonra hazırlanmış olan özel bir kalıp ile U formu verilmiştir. Şekil 6'da U formu verilmiş bir set kompozit görülmektedir

3. Bulgular ve Tartışma

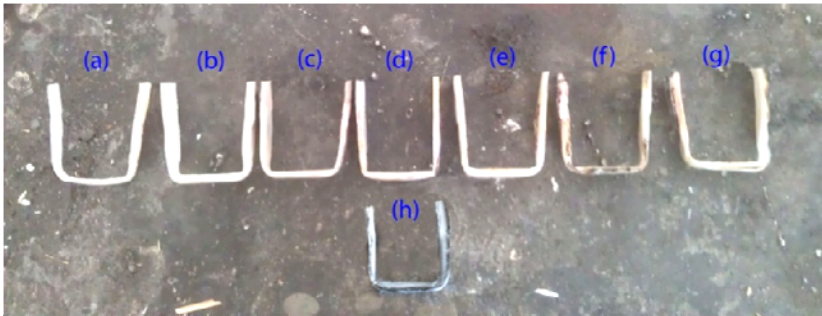
3.1. Isı testi sonuçları

U formundaki levhalardan oluşan ilk set 120 °C, ikinci set ise 185 °C sıcaklıkta 15 dakika boyunca bekletilmiş ve ölçümler dijital bir kumpas yardımıyla fırın içerisinde alınmıştır (Engin, 2008). Şekil 7'de 120 °C'de, Şekil 8'de ise 185 °C sıcaklığın etkisi altında kalan kompozitlerin ağız açıklıklarının işlem öncesi ve işlem sonrası ölçüm değerleri verilmiştir.

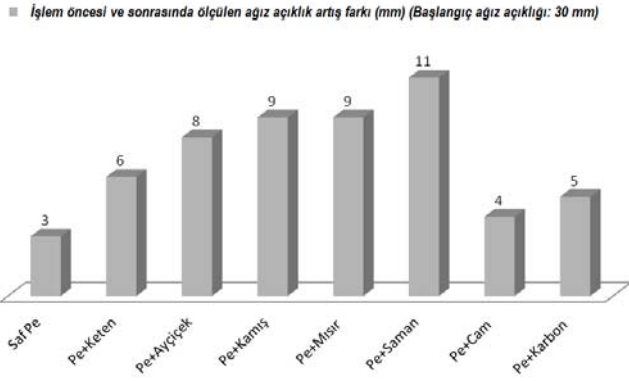
Yapılmış olan ısı testlerinde görülmektedir ki; yumuşama sıcaklığının altında (120°C) sıcaklıkta yapılan ısı testlerinde kompozitler, desteklenmemiş YYPE'ne göre daha fazla açılma göstermiştir. Bu durumun en büyük

Çizelge 5. Denemelerde kullanılan çekme cihazının özellikleri

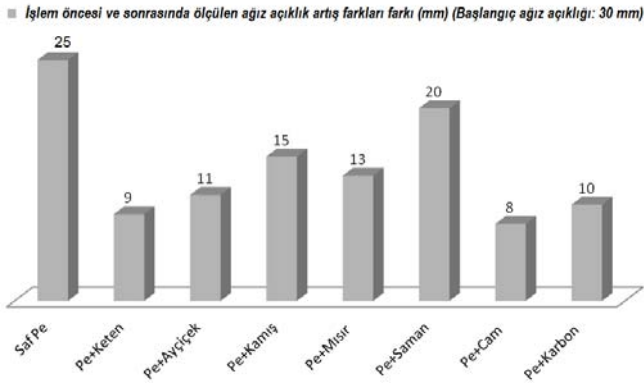
Özellikler	Değerler
Max. Çekme ve Basma Kuvveti	0.5 kN
Yükseklik	1579 mm
Genişlik	405 mm
Derinlik	489 mm
Yaklaşık Ağırlık	71 kg
Test Alanı Yüksekliği (Yukarı Hareketli Travers)	227-1370 mm
Test Alanı Yüksekliği (180 ° Açılı Travers)	57-1200 mm
Test Alanı Derinliği	100 mm
Hareketli Travers Hızı ($V_{min} \dots V_{max}$)	0.001-2000 mm/min
Test Hızı Hassasiyeti	0.02 % V_{nom}
Hareket Sistemi Ölçme Çözünürlüğü	0.2453 μm
Tekrarlanabilir Pozisyonlama Hassasiyeti	$\pm 2 \mu m$
Çalışma Sıcaklığı	+10°C...+35°C
Çalışma Ortamı Nem Oranı	20-90%



Şekil 6. Isı testi için U formu verilmiş bir set örnek; (a) Saf polietilen, (b) Cam yünü+ polietilen, (c) Keten lifi+ polietilen, (d) Ayçiçeği sapı+ polietilen, (e) Su kamışı+ polietilen, (f) Mısır Sapı+ polietilen, (g) Arpa samanı+ polietilen, (h) Karbon lifi+ polietilen.

Isı Testi (120°C-15 dak.)

Şekil 7. 120 °C’de kompozit numunelerin ağız açıklık artış farkları

Isı Testi (185°C-15 dak.)

Şekil 8. 185°C’de kompozit numunelerin ağız açıklık artış farkları

nedeni YYPE matris malzemesi ve liflerin ısı işlem altında birleşmesi esnasında oluşan yüzey gerilmeleridir. Bu durum liflerin/dolgu malzemesinin homojen biçimde dağılmasını engelleyebilmekte ve matris arasında yeterli ıslanmanın sağlanamamasından dolayı da hava boşlukları oluşmaktadır. Bu boşluklar, stres yığılmalarına yol açmaktadır. U formunun verilmesi esnasında kanat ve

tabanı birleştiren köşelerde kalan lifler bükülmeye uğramıştır. Malzemenin ısıya, genişleme şeklinde tepki vermesi sonucu lifler, boşluklardan dolayı uzama ekseninde tekrar eski düz formunu almaya çalışmış ve matrise kuvvet uygulayarak U formundaki şeklin ağızda açılmaya neden olmuştur. Doğal liflerin ısı iletim katsayıları sentetik liflere göre daha fazla olduğundan doğal lif takviyeli kompozitlerde açılma daha fazla olmuştur. Özellikle cam yününün (kolektör şiltesi) yalıtım amaçlı üretilmiş olması, açılmanın en az cam yünü katkılı kompozitte olması ile sonuçlanmıştır.

Doğal ve sentetik lif takviyeli kompozitler 120°C sıcaklıkta olduğu gibi, erime sıcaklığının üzerinde (185°C) yapılan testlerde de aynı ağız açılma tepkisini göstermektedirler. Ancak burada ki en önemli nokta liflerin malzemeyi tutucu bir etki göstermesidir. Desteklenmemiş YYPE açılmanın ötesinde neredeyse tamamen deformasyona uğramıştır. Fakat kompozitlerin tamamında malzemenin bütünlüğü ve formu korunmuş ve matrisin eriyerek liflerden ayrılması saman ile desteklenmiş kompozitte az miktarda görülmüştür.

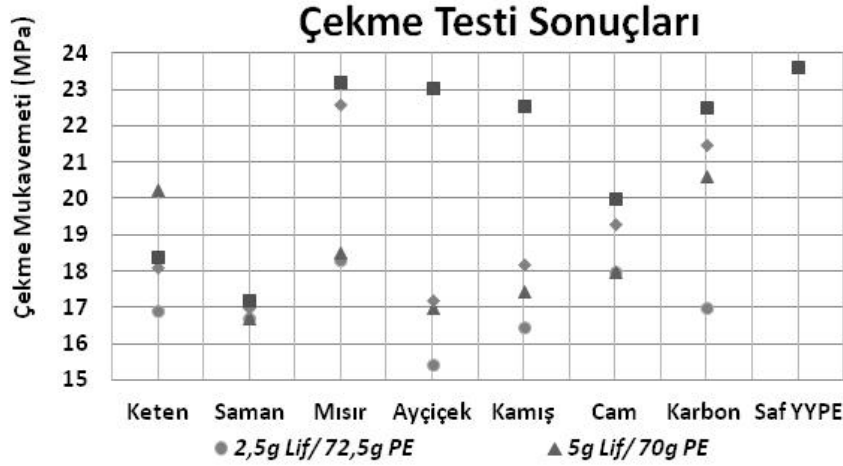
3.2. Çekme testi sonuçları

Numunelerin çekme testleri daha önce de belirtildiği gibi Zwick Z0.5 TH marka çekme testi cihazında yapılmıştır. Testler oda sıcaklığında, 1 mm/min hızında ve üç tekrerrü şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kompozit malzemelerin çekme testi sonuçlarına göre mukavemetlerinin değişimi ise Çizelge 6’da ve Şekil 9’da verilmiştir.

Çekme testi sonuçları incelendiğinde kompozitlerin, desteklenmemiş YYPE’ne göre mukavemetlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak lif takviyeli kompozitler kendi aralarında incelendiğinde mısır sapı, ayçiçeği sapı ve su kamışı ile desteklenmiş kompozitlerin, cam yünü ve karbon lifi ile desteklenmiş kompozitlere çok yakın çekme mukavemetine sahip olduğu görülmektedir. Kompozitlerin, desteklenmemiş YYPE’ne göre daha düşük çekme mukavemetine sahip olması, daha önce belirtildiği üzere matris malzemesi ve lifler arasında ısı işlem esnasında oluşan yüzey gerilmeleri ve yeterli ıslanma sağlanamaması sonucu kompozit katmanları arasında

Çizelge 6. Çekme testi sonucu kompozit malzemelerin lif oranlarına göre çekme mukavemetlerinin değişimi

Takviye malzemesi	Çekme dayanımları (MPa)			
	2.5 g Lif/ 72.5 g PE	5 g Lif/ 70 g PE	7.5 g Lif/ 67.5 g PE	10 g Lif/ 65 g PE
Keten	16.90±0.17	17.70±1.13	18.10±0.17	18.40±0.17
Saman	16.70±0.35	16.80±0.10	17.00±0.10	17.20±0.10
Mısır	18.33±0.71	18.53±0.50	22.60±0.66	23.20±0.80
Ayçiçek	15.43±0.51	17.00±0.36	17.20±0.70	23.05±0.93
Kamış	16.45±0.52	17.45±0.56	18.20±0.25	22.53±0.15
Cam	18.00±0.75	18.20±1.25	19.30±0.20	20.00±0.89
Karbon	17.00±0.20	20.63±0.32	21.46±0.50	22.50±0.50
Katkısız			23.60±0.20	



Şekil 9. Kompozit malzemelerin lif oranlarına göre çekme mukavemetlerinin değişimi

oluşan boşlukların, çekme gerilmesi esnasında mukavemeti düşürmesinden kaynaklanmaktadır. Çoğu çalışmada herhangi bir işlem yapılmamasına karşın bazı çalışmalarda matris malzemesinin, bazılarında ise lif yüzeylerinin kimyasal işlemlere tutulması sonucu birleşmenin daha homojen hale getirildiği durumlar bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2012). Elde edilen sonuçlar, doğal destek malzemesinin ön kimyasal işleme tabi tutularak elde edildiği ve yüksek yoğunluklu polietilen matris içerisine presle kalıplama tekniği ile yerleştirildikten sonra çekme testine tabi tutulan numunelerden daha düşüktür. (Aldousiri ve ark., 2013). Ancak aynı yöntemlerle kalıplanmış ama herhangi bir kimyasal işleme tabi tutulmamış numunelerde de çekme mukavemetinde düşme görüldüğü belirtilmiştir (Barone ve ark., 2005, Chianelli ve ark., 2013).

4. Sonuç

Çalışmada, beş adet doğal lif ve iki adet sentetik lifin presle kalıplama tekniği ile yüksek yoğunluklu polietilen matris içerisine yerleştirilmesi sonucu oluşan kompozit lamine levhalardan elde edilen numunelerin çekme mukavemetlerinin ve sıcaklığa bağlı deformasyonlarının değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada üretim işleminin hızı ve ekonomikliği açısından kimyasal bir ön işlem yapılmaması özellikle çekme mukavemeti açısından düşüşe neden olmuştur. Ancak genel olarak çekme mukavemetinde düşme olmasına rağmen sonuçlar kendi aralarında incelendiğinde mısır sapı, ayçiçeği sapı ve su kamışı ile desteklenmiş kompozit numunelerin, cam yünü ve karbon lifi ile desteklenmiş kompozit numunelere çok yakın çekme mukavemetine sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kompozit numuneler yüksek sıcaklığa karşı, desteklenmemiş polietilene göre daha az deformasyon göstermişlerdir. İleriki çalışmalarda matris ya da liflere kimyasal ön işlem uygulanması ya da presle kalıplama tekniği her ne kadar hızlı ve ekonomik olsa da, üretimin plastik ekstrüzyon veya plastik enjeksiyon gibi sürekli üretime uygun bir prosesle yapılması, iyileştirilmiş sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TFBAP/2012-0001 no'lu "Farklı Kompozit Malzemelerin Üretilmesi ve Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi" başlıklı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Achilias, D.S., Roupakias, C., Megalokonomos, P., Lappas, A.A., Antonakou, V. 2007. Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP). *Journal of Hazardous Materials*, 149(3): 536-542.
- Ahmad, I., Lane, C. E., Mohd, D. H., Abdullah, I. 2012. Electron-beam-irradiated rice husk powder as reinforcing filler in natural rubber/high-density polyethylene (NR/HDPE) composites. *Composites Part B-Engineering*, 43(8): 3069-3075.
- Akpınar, O., Levent, O., Sabancı, S., Uysal, R.S., Sapcı, B. 2011. Optimization and comparison of dilute acid pretreatment of selected agricultural residues for recovery of xylose. *BioResources*, 6(4): 4103-4116.
- Aldousiri, B., Alajmi, M., Shalwan, A. 2013. Mechanical properties of palm fibre reinforced recycled HDPE. *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Anonim, 2013a. 2012 Yılı Ayçiçeği Raporu. T. C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 3-4, <http://koop.gtb.gov.tr/> [Ulaşım: 15.04.2014].
- Anonim, 2013b. Kolektör Şiltesi Ürün Kataloğu. İzocam, 1-2, <http://www.izocam.com.tr/tr-tr/urunler/yalitim-uygulamaları/teknikyalitim/kolektor-siltesi.aspx>. [Erişim tarihi: 16.04.2014].
- Araujo, J.R., Waldman, W.R., De Paoli, M.A. 2008. Thermal properties of high density polyethylene composites with natural fibres: Coupling agent effect. *Polymer Degradation and Stability*, 93(10): 1770-1775.
- ASTM D4703-10, 2010. Standard practice for compression molding thermoplastic materials into test specimens, plaques, or sheets.
- Azwa, Z.N., Yousif, B.F., Manalo, A.C., Karunasena, W. 2013. A Review on the Degradability of Polymeric Composites Based on Natural Fibres. *Materials & Design*, 47: 424-442.
- Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S.,

- Ibrahim, H.H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F. 2000. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17(4): 499-510.
- Baley, C., Bourmaud, A. 2014. Average Tensile Properties of French Elementary Flax Fibers. *Materials Letters*, 122: 159-161.
- Barone, J.R., Schmidt, W.F., Liebner, C.F.E. 2005. Compounding and molding of polyethylene composites reinforced with keratin feather fiber. *Composites Science and Technology*, 65(3-4): 683-692.
- Chai, M.W., Bickerton, S., Bhattacharyya, D., Das, R. 2012. Influence of Natural Fibre Reinforcements on the Flammability of Bio-Derived Composite Materials. *Composites B*, 43(7): 2867-2874.
- Chianelli, R., Reis, J.M.L., Cardoso, J.L., Castro, P.F. 2013. Mechanical characterization of sisal fiber-reinforced recycled HDPE composites. *materials Research-Ibero-American Journal of Materials*, 16(6): 1393-1397.
- Elzubair, A., Suarez, J.C.M. 2012. Mechanical Behavior of Recycled Polyethylene/Piassava Fiber Composites. *Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 557: 29-35.
- Engin, K.E., 2008. Doğal Lif Takviyeli Termoplastik Malzemelerin Thermoforming Yöntemi ile Üretilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Glew, D., Stringer, L.C., Acquaye, A.A., McQueen-Mason, S. 2012. How Do End of Life Scenarios Influence the Environmental Impact of Product Supply Chains? Comparing Biomaterial and Petrochemical Products. *Journal of Cleaner Production*, 30: 122-131.
- Güzel, E. 2002. Hasat-Harman İlkeleri ve Makinaları. Çukurova Üniversitesi Yayınları, 194 (A-60), Adana.
- Holm LeRoy, G., Plocknett, D.L., Pancho, J.V., Herberger, J.P. 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. University Press of Hawaii, 609, Honolulu.
- Kraiem, D., Pimbert, S., Ayadi, A., Bradai, C. 2013. Effect of Low Content Reed (*Phragmites australis*) Fibers on The Mechanical Properties of Recycled HDPE Composites. *Composites: Part B*, (44): 368-374.
- Kumar, S., Panda, A.K., Singh, R.K. 2011. A Review on Tertiary Recycling of High Density Polyethylene to Fuel. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11): 893-910.
- Lee, D., Owens, V.N., Boe, A., Jeranyama, P. 2007. Composition of Herbaceous Biomass Feedstocks. North Central Sun Grant Center South Dakota State University, 1-07.
- Mohanty, A., Misra, M., Hinrichsen, G. 2000. Biofibres, Biodegradable Polymers and Biocomposites: An Overview. *Macromol Mater Eng.*, 276(1): 1-24.
- Mwaikambo, L.Y., Ansell, M.P. 2006. Mechanical properties of alkali treated plant fibres and their potential as reinforcement materials. I. hemp fibres. *Journal of Materials Science*; 41(8): 2483-2496.
- Panthapulakkal, S., Torres, F.G. 2002. Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute and Kapok Fibers by Alkalization. *J., Appl. Polym. Sci.* 84: 2222-2234.
- Panthapulakkal, S., Sain M. 2007. Agro-Residue Reinforced High-Density Polyethylene Composites: Fiber Characterization and Analysis of Composite Properties. *Composites Part a-Applied Science and Manufacturing*, 38(6): 1445-1454.
- Parada-Soria, A., Yao, H.F., Alvarado-Tenorio, B., Sanchez-Cadena, L., Romo-Urbe, A. 2013. Recycled HDPE-Tetrapack Composites. Isothermal Crystallization, Light Scattering and Mechanical Properties. *MRS Proceedings*, 1485.
- Saçak, M. 1994. *Lif Kimyası*. A.O.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, 8, Ankara.
- Shalwan, A., Yousif, B. F. 2013. In State of Art: Mechanical and Tribological Behaviour of Polymeric Composites Based on Natural Fibres. *Materials & Design*: 48: 14-24.
- Strausbaugh, P.D., Core, E.L. 1977. *Flora of West Virginia*. 2nd edition. WV: Seneca Books, Inc. 1079, Morgantown.
- TS EN ISO 527-2: Plastikler-Çekme Özelliklerinin Tayini-Bölüm 2: Kalıplama ve Ekstrüzyon Plastikleri İçin Deney Şartları., Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yaman, N., Öktem, T., Seventekin, N. 2007. Karbon Liflerinin Özellikleri ve Kullanım Olanakları. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2: 90-95.