



Investigation of the properties of composite material produced from mint fiber added waste palm kernel

H. Mehmet Taşdemir¹, Alpay Şahin^{1*}, Ahmet F. Karabulut², Metin Gürü¹

¹Department of Chemical Engineering, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

²Department of Chemical Engineering, Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye, Turkey

Highlights:

- Production of composite materials from waste palm kernel
- Positive effect of polymeric binder increase on mechanical strength and non-flammability
- The enhance property of mint fiber on mechanical strength

Keywords:

- Composite material
- Palm kernel
- Mechanical strength
- Limit oxygen index

Graphical Abstract

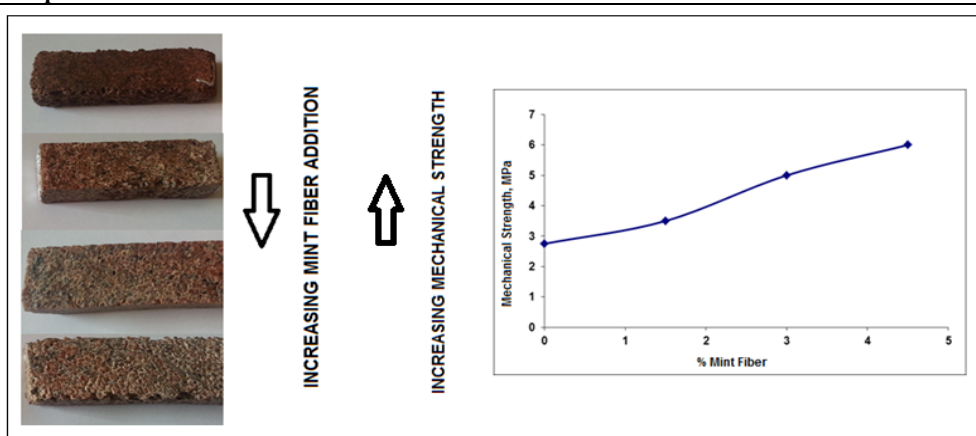


Figure A. The effect of mint fiber addition over mechanical strength of composite materials

Article Info:

Research Article

Received: 03.07.2017

Accepted: 20.10.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416504

Acknowledgement:

Correspondence:

Author: Alpay Şahin
e-mail: asahin@gazi.edu.tr
phone: +90 312 582 3516

Purpose: The aim of this study is to investigate the use of palm kernels as polymeric composite wood materials. Physical and mechanical properties of composite materials were investigated for this purpose.

Theory and Methods:

In this study, experimental method consists of synthesis of polymeric resin and mixing of this resin with filler material. Urea-formaldehyde resin and palm kernel were used as polymeric resin and filler, respectively. Mechanical strength of the composite material and non-flammability properties were investigated at different polymer/filler ratios (1/1, 1/2, 1/3 and 1/4). Effect of mint fiber addition over mechanical strength of composite materials were also investigated.

Results:

Polymeric resin ratio increase in the structure increased both mechanical strength and fire resistance of the composite materials. The highest mechanical strength was obtained as 6.2 MPa in the material in which the ratio of polymeric resin / filler was equal. Limit Oxygen Index (LOI) value was 50 for this material. It has been observed that mint fiber addition to the structure has been improved the strength of the material. An increase in the water absorption capacity was also observed with the increase of the filler material in the composite material.

Conclusion:

In this study, composite wood material production was performed by using palm kernels which is an agricultural waste and the properties of this material are compared with commercial wood material. It was seen that the produced material can be an alternative to commercial wood products considering the mechanical strength, water absorption property and LOI value.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: asahin@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 582 3544



Nane lifi katkılı atık hurma çekirdeğinden üretilen kompozit malzemenin özelliklerinin incelenmesi

H. Mehmet Taşdemir¹, Alpay Şahin^{1*}, Ahmet F. Karabulut², Metin Gürü¹

¹Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Mikro Atık hurma çekirdeğinden kompozit malzeme üretimi
- Polimerik bağlayıcı artışının mekanik dayanım ve yanmazlık üzerine olumlu etkisi
- Nane lifi katkısının mekanik dayanımı artırıcı özelliği

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 03.07.2017

Kabul: 20.10.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416504

Anahtar Kelimeler:

Kompozit malzeme,
hurma çekirdeği,
mekanik dayanım,
limit oksijen indeksi

ÖZET

Bu çalışmada, tarımsal bir atık olan hurma çekirdeği kullanılarak polimerik kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiş ve ahşap malzeme olarak kullanımı incelenmiştir. Polimerik bağlayıcı olarak üre-formaldehit reçinesi kullanılmıştır. Kompozit malzemenin mekanik dayanımı ve yanmazlık özelliği farklı polimer/dolgu maddesi oranlarında (1/1, 1/2, 1/3 ve 1/4) incelenmiştir. Yapıdaki polimer oranının artışı hem mekanik dayanım hem de yanmazlığı artırmıştır. Eşit oranda polimer ve dolgu maddesi içeren kompozit malzemede mekanik dayanım 6,2 MPa ve Limit Oksijen İndeksi (LOI) değeri 50 olarak belirlenmiştir. Katkı maddesi olarak yapıya ilave edilen nane lifinin mekanik dayanımı geliştirdiği gözlenmiştir. Kompozit malzemede dolgu maddesinin artışı ile su absorplama kapasitesinde de artış gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hurma çekirdeği kullanılarak hazırlanan polimerik kompozit malzemenin ahşap malzemelere alternatif olabileceğini ortaya koymuştur.

Investigation of the properties of composite material produced from mint fiber added waste palm kernel

H I G H L I G H T S

- Production of composite materials from waste palm kernel
- Positive effect of polymeric binder increase on mechanical strength and non-flammability
- The enhance property of mint fiber on mechanical strength

Article Info

Research Article

Received: 03.07.2017

Accepted: 20.10.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416504

Keywords:

Composite material,
palm kernel,
mechanical strength,
limit oxygen index

ABSTRACT

In this study, polymeric composite material production was carried out using palm kernel, an agricultural waste, and its use as wood material was investigated. Urea-formaldehyde resin was used as a polymeric binder. The mechanical strength of the composite material and the non-flammability properties were investigated at different polymer / filler ratios (1/1, 1/2, 1/3 and 1/4). The increase in polymer ratio in the structure increased both mechanical strength and fire resistance. Mechanical properties of composite material with equal polymer and filler material were 6.2 MPa and Limit Oxygen Index (LOI) value of 50. It has been observed that mint fiber addition to the structure has been improved the strength of the material. An increase in the water absorption capacity was also observed with the increase of the filler material in the composite material. The results show that polymeric composite material prepared by using palm kernel can be an alternative to wood materials.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mtasdemir@gazi.edu.tr, asahin@gazi.edu.tr, afkarabulut@osmaniye.edu.tr, mguru@gazi.edu.tr /
Tel: +90 312 582 3516

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ahşap malzemeler mobilya üretiminden inşaat sektörüne kadar çok geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadır. Bu malzemelerin üretiminde ağaç kaynağı olarak ormanlar kullanılmaktadır. Artan dünya nüfusuyla birlikte doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanımı bu kaynaklarda önemli ölçülerde azalmalara sebep olmuştur. Bu da dünyanın ekolojik dengesini tehdit etmektedir. Bu sebeple, tarımsal atıkların ahşap malzeme üretiminde kullanımı yapılan çalışmalarla değerlendirilmeye başlanmıştır.

Tarımsal atık kullanılarak hazırlanan kompozit malzemelerin ağaç kökenli ahşap malzemelere rakip olabilmesi için yüksek mekanik dayanım göstermesi beklenmektedir. Bunun yanı sıra yanmazlık, biyolojik bozunmaya direnç ve ucuz olması aranılan özelliklerdir. Kompozit yapı malzemesi temel olarak polimerik bağlayıcı ve dolgu maddesi olarak kullanılabilir atık malzemenin uygun oranlarda ve şartlarda bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Daha önce gerçekleştirdiğimiz çalışmalarda tarımsal atıklardan badem [1], şeftali çekirdeği [2], ceviz [3] ve fındık kabuklarının [4] yanı sıra pirinç kabuğu da [5] dolgu maddesi olarak kullanılmış ve kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra bambu [6, 7], çınar yaprağı [8] ve ayçiçeği [9] de kullanılan tarımsal atıklardır. Kompozit malzeme üretiminde kullanılan dolgu maddelerinin lifli yapıya sahip olup mekanik dayanımı artırması beklenmektedir. Polimerik bağlayıcı olarak ise üre-formaldehit [10, 11] ve fenol-formaldehit [12, 13] reçineleri en çok kullanılan polimerlerdir. Bu bağlayıcıların yanı sıra polivinil asetat [14, 15] ve polietilen [16, 17] gibi polimerler de endüstriyel alanda sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu bağlayıcıların polimerik kompozit malzemeye mekanik dayanım ve yanmazlık kazandırmasının yanı sıra, suya karşı direnç ve biyolojik bozunmaya engel olacak katkılar sağlaması beklenmektedir. Yapılan çalışmalarda, tarımsal atık kullanılarak kompozit malzeme üretiminde polimerik bağlayıcının sentez şartlarının belirlenmesi, kalıplama basınç ve sıcaklığının optimizasyonu, dolgu maddesinin partikül boyutu, birden fazla polimerik bağlayıcı ve dolgu maddesinin malzemenin özellikleri üzerine etkisi gibi birçok parametrenin incelendiği görülmüştür. Polimerik bağlayıcının sentez şartlarının belirlendiği bir çalışmada badem kabuğu dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Çalışmada, üre-formaldehit reçinesinin polimerizasyon sıcaklığı ve süresi ile reçinedeki üre/formaldehit oranının malzemenin Shore sertliği üzerine etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda 0,97 üre/formaldehit oranında, 70°C reaksiyon sıcaklığında ve 25 dakika reaksiyon süresinde elde edilen malzemenin sertliği 97,5 Shore A olarak belirlenmiştir [1]. Dolgu maddesinin partikül boyutunun kompozit malzemenin özellikleri üzerine etkisi birçok çalışmada incelenmiştir [18, 19]. Kamış ve buğday samanının dolgu maddesi, üre-formaldehit reçinesinin de

bağlayıcı olarak kullanıldığı bir çalışmada partikül boyutu ve tahta yoğunluğunun malzeme üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnce parçacıklardan üretilen malzemenin kalın parçacıklardan üretilen malzemeye göre daha iyi olduğu, malzemenin yoğunluğundaki artışın ise malzemenin özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir [19].

Şeftali çekirdeği kabuğunun dolgu maddesi olarak kullanıldığı önceki çalışmamızda partikül boyutunun malzemenin mekanik dayanımı üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, partikül boyutunun 900µm'den 150 µm'ye küçültülmesi mekanik dayanım değerini yaklaşık 6 MPa'dan 35 MPa'a çıkarmıştır. Fenol-formaldehit reçinesinin polimerik bağlayıcı olarak kullanıldığı aynı çalışmada kalıplama basınç ve sıcaklığı da belirlenmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışma sonucunda en yüksek mekanik dayanım (34,5MPa) 2,72 MPa basınç ve 120°C sıcaklıkta kalıplanan malzemede elde edildiği görülmüştür. 120°C sıcaklığının üzerinde ise polimerik bağlayıcının termal bozunmaya uğramasından dolayı dayanımın azaldığı rapor edilmiştir [2].

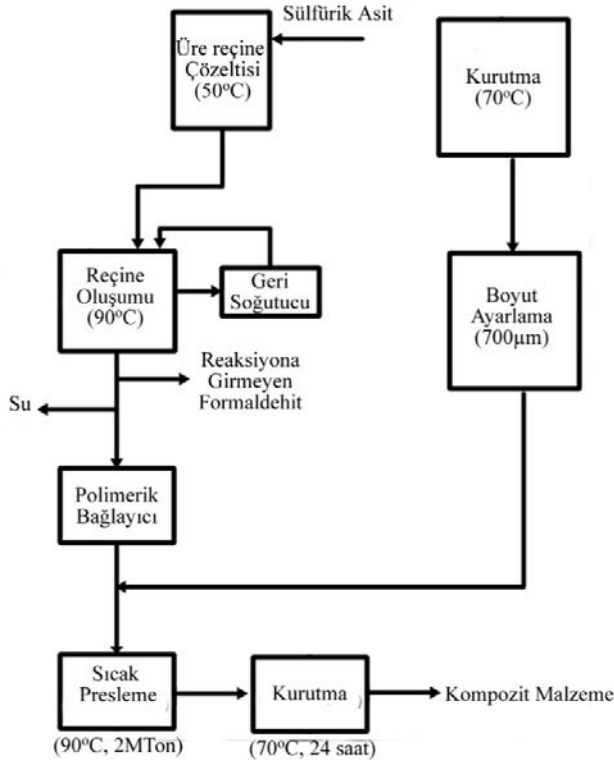
Zhang ve ark. temel yapısı bozulmaksızın havada kurutulmuş küçük partikül boyutlu bambu parçacıklarını ahşap malzemenin güçlendirilmesi için kullanmışlardır. Malzemenin katı yoğunluğunun kompozitin mekanik özellikleri üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Bambunun dış kabuklarının kullanılmasının katı yoğunluğunun 0,65-0,75 g/cm³ arasındaki panellerin elastik modülü haricindeki özelliklerine çok fazla etkisinin olmadığını belirtmişlerdir [20]. Dolgu maddesi olarak elyaf lifi ve bağlayıcı olarak fenol-formaldehit ve üre-formaldehit reçinelerinin kullanıldığı bir çalışmada Viswanathan ve ark., reçine oranı, kurlaştırma sıcaklığı ve zamanını incelemiştir. Fenol-formaldehit reçinesi kullanıldığı zaman reçine oranı %16,7, kurlaştırma sıcaklığı 138°C ve kurlaştırma zamanı 26 dakika olarak belirlenirken, üre-formaldehit reçinesinde bu değerler %20,4, 139°C ve 17 dakika olarak bulunmuştur [21]. Pirayesh vd. tarımsal atıklardan olan ceviz/badem kabuklarından sunta üretimini araştırmışlardır. Bağlayıcı olarak üre-formaldehit reçinesini kullanan araştırmacılar farklı ceviz/badem (%0-100) oranlarında çalışmışlardır. Bazı mekanik (elastikiyet, kopma vb.) ve fiziksel (şişme ve su absorplama) özelliklerinin yanı sıra suntanın formaldehit emisyonunu da incelemiştir. Yapıya ceviz/badem ilavesinin malzemenin suya karşı direncini geliştirdiğini ve formaldehit emisyonunu önemli ölçüde azalttığını ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra malzemenin eğilme özellikleri ve iç bağ dayanımının ceviz/badem kabuklarının artışıyla azaldığını gözlemişlerdir [22]. Yanmazlık özelliği ahşap malzemelerde aranılan özelliklerden bir tanesidir ve literatürde yapılan çalışmalarda malzemenin bu özellikleri incelenmiştir [1, 2, 5, 23].

Kalın kontrplak, yonga levha ve orta yoğunlukta suntanın yanmazlık özelliği kalorimetre testleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda kalın ahşap esaslı levhanın uygun bir yangın önleyici yapı malzemesi olduğu rapor

edilmiştir [23]. Bir önceki çalışmamızda şeftali çekirdeğinden üretilen kompozit malzemenin yanmazlık özelliğini geliştirmek için cam tozu kullanılmıştır. %30 cam tozu katkısının malzemenin yanmazlık özelliğini önemli ölçüde geliştirmiş ve LOI değerini 41'den 49'a çıkarmıştır [2]. Bu çalışmada, ülkemizde önemli miktarlarda tüketilen hurma çekirdeğinin polimerik kompozit malzeme olarak kullanım özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, farklı polimerik bağlayıcı/dolgu maddesi oranlarında hazırlanan malzemelerin mekanik dayanımları, yanmazlık ve su absorplama kapasiteleri incelenmiş, nane lifi katkısının malzeme dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Hurma çekirdeğinden kompozit yapı malzemesi sentezi polimerik reçinenin hazırlanması ve boyutu küçültülmüş dolgu maddesi ile karıştırılarak belirli kalıp sıcaklığı ve basıncında preslenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu çalışmada bağlayıcı olarak üre-formaldehit reçinesi ve dolgu maddesi olarak hurma çekirdeği kullanılmıştır. Sentez basamakları Şekil 1'de verilmektedir. Polimerik reçinenin üretilmesinde formaldehit çözeltisi (%37 (w/w), Sigma Aldrich), üre (%99,9 (w/w), Merck) ve katalizör olarak H₂SO₄ (%97 (w/w), Sigma Aldrich) kullanılmıştır.



Şekil 1. Polimerik kompozit malzeme üretim basamakları
(Production steps of polymeric composite material)

Reçine hazırlanırken üre/formaldehit oranı hacmen 2/1 olacak şekilde ayarlanmıştır. Üre, formaldehit içerisinde 50°C sıcaklıkta tutulurken, katalizör olarak kullanılan H₂SO₄

ilave edilerek kürleştirme işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra, reçine çözeltisi polimerizasyon tamamlanmaya kadar 90°C sıcaklıkta tutulur. Diğer taraftan dolgu maddesi olan hurma çekirdekleri kurutulup sabit tartıma getirildikten sonra öğütülüp elenir ve yaklaşık 700 µm boyutunda homojen malzeme elde edilir. Dolgu maddesi ile katkı maddesi olarak kullanılan nane lifi geniş bir beher içerisinde belirlenen oranlarda mümkün olduğunca homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılır. Elde edilen polimerik reçine ve dolgu/katkı maddesi karışımı mekanik bir karıştırıcı yardımıyla 5 dakika süreyle karıştırıldıktan sonra, 30 dakika boyunca 120°C kalıp sıcaklığı ve 2 Mton kalıplama basıncında sıcak presleme işlemi uygulanır. Kalıplama işleminden sonra elde edilen malzeme 70°C sıcaklıkta 24 saat boyunca kurularak kompozit malzeme eldesi tamamlanmış olur. Elde edilen kompozit malzemenin görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Üretilen kompozit malzemenin görüntüsü
(Image of synthesized composite material)

Bu çalışmada, farklı polimerik reçine/dolgu maddesi (1/1, 1/2, 1/3 ve 1/4) oranlarında kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Hurma çekirdekleri, Retsch SM100 marka öğütücü kullanılarak öğütülmüştür. Kalıplama işlemi ise Carver marka sıcak presleme cihazında gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin üç nokta eğme testi ile mekanik dayanım değerleri EN 310 standardına uygun olarak Shimadzu AG-I marka mekanik test cihazında belirlenmiştir. Test cihazında dayanımı belirlenen kompozit malzemeler, 10 mm kalınlık, 12 mm genişlik ve 60 mm uzunlukta olacak şekilde hazırlanmış ve her bir testte her numune için üçer örnek kullanılmıştır. Numunelerin mekanik dayanımları belirlenirken kullanılan bu üç örneğin ortalama değeri alınmıştır. Hazırlanan polimerik kompozit malzemenin eğme testinde kullanılan numunelerinin görüntüleri Şekil 3'te verilmektedir.

Malzemelerin mekanik dayanımları Eş. 1 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Mekanik Dayanım (MPa)} = \frac{\text{Kırılma Noktasındaki Yük (N)}}{\text{Kalınlık (mm)} \times \text{Genişlik (mm)}} \quad (1)$$

Malzemelerin limit oksijen indeksi (LOI) değerleri ASTM D2863 standartlarına uygun olarak DYNISCO marka polimer test cihazıyla belirlenmiştir. Hurma çekirdeği kullanılarak hazırlanan malzemelerin su absorplama kapasiteleri EN 317 ve ASTM-D 1037 standartlarına uygun olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak malzemelerin su absorplama kapasiteleri Eş. 2 yardımıyla



Şekil 3. Eğme testinde kullanılan numunelerinin görüntüleri (Image of samples used in 3 point bending tests)

belirlenmiştir. Deneysel çalışma, Şahin vd. gerçekleştirdikleri çalışmada ayrıntılı olarak verilmiştir [2].

$$\text{Su Absorplama} = \frac{m_{\text{ıslak}} - m_{\text{kuru}}}{m_{\text{kuru}}} \quad (2)$$

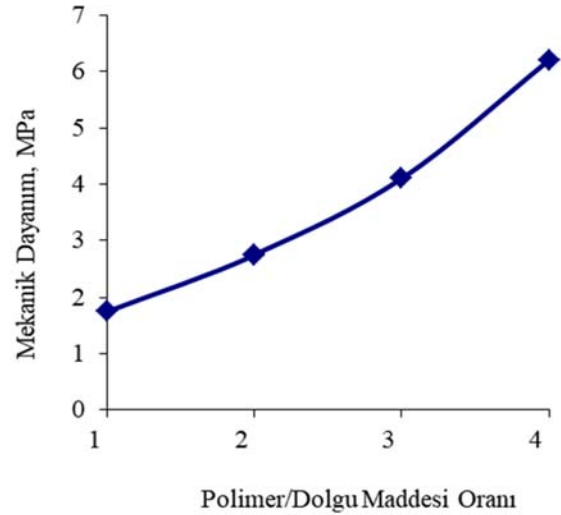
Hazırlanan polimerik kompozit malzemelerin morfolojik yapısı SEM analizi (JEOL JSM-6060 LW) ile belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada, tarımsal bir atık olan hurma çekirdeği kullanılarak polimerik kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda polimerik reçine olarak üre-formaldehit kullanılmıştır. Farklı polimerik bağlayıcı/dolgu maddesi (1/1, 1/2, 1/3 ve 1/4) oranlarında hazırlanan kompozit malzemenin mekanik dayanım ve LOI değerleri ile su absorplama kapasiteleri belirlenmiştir. Ayrıca, nane lifi katkısının mekanik dayanım ve LOI üzerine etkisi de incelenmiştir.

Şekil 4'te mekanik dayanımın polimer/dolgu maddesi oranına göre değişimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere kompozit malzemenin yapısındaki polimer oranının artışı mekanik dayanımda bir artışa neden olmuştur. Bu oranın 1/4'ten 1/1'e değişimi ile mekanik dayanım değeri 1,75 MPa'dan 6,2 MPa'a çıkmıştır. Ceviz ve şeftali çekirdeğini dolgu maddesi olarak kullandığımız daha önceki çalışmalarda da yapıdaki polimer oranının artışı mekanik dayanımda artışa neden olmuştu (Şahin vd. 2017, Gürü vd. 2008). Kompozit malzeme üretiminde kullanılan polimerik bağlayıcıların çapraz bağlanma özelliklerinden dolayı

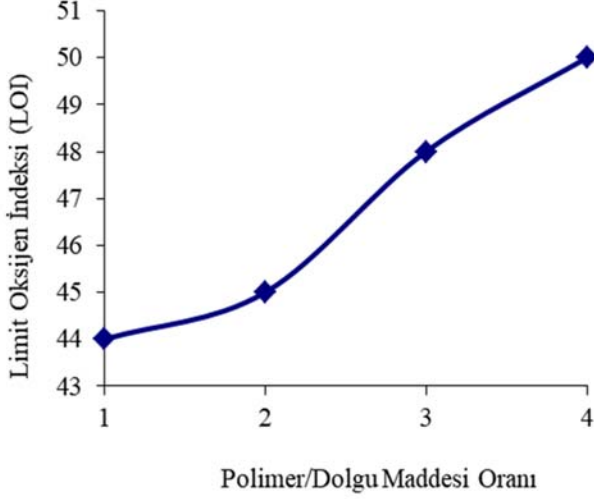
mekanik dayanımı artırmaları beklenmektedir. Üre-formaldehit reçinesinin çapraz bağlar içeren bir termoset plastik olduğu literatürde belirtilmektedir [24, 25].



Şekil 4. Mekanik dayanım değerinin polimer/dolgu maddesi oranına göre değişimi
(Change of mechanical strength value according to polymer / filler ratio)

Şekil 5'te sentezlenen malzemelerin polimer/dolgu maddesi oranına göre LOI değişim değerleri verilmektedir. Mekanik dayanım değerindeki değişime benzer şekilde yapıdaki polimer miktarının artışı malzemenin yanmazlık özelliğini geliştirmiştir. Kullanılan polimerik bağlayıcının malzemenin yanmazlık özelliğine katkı sağlaması beklenen bir durumdur. Tang vd. yaptıkları çalışmada üre içerikli bir

bağlayıcı olan 2,2-dimetil 1,3-propandiol fosfat üre (DDPPU) reçinesi sentezlemişler ve reçinenin malzemenin yanmazlık özelliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Sadece ahşaptan oluşan malzemenin LOI değeri 22,3 iken yapıya ilave edilen DDPPU'nun LOI değerini artırdığını ve kütlece %18'lik polimer katkılı malzemenin LOI değerinin 39,7'ye yükseldiğini belirtmişlerdir [26].



Şekil 5. LOI değerinin polimer/dolgu maddesi oranına göre değişimi (Change of LOI value according to polymer / filler ratio)

Literatürde kompozit malzemelerin mekanik dayanımlarını artırmak için farklı katkı maddelerinin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır [2, 27, 28]. Bu çalışmada, polimer/dolgu maddesi oranı 1/3 olan kompozit malzemenin mekanik dayanımı üzerine nane lifinin etkisi incelenmiştir. Kullanılan nane lifinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

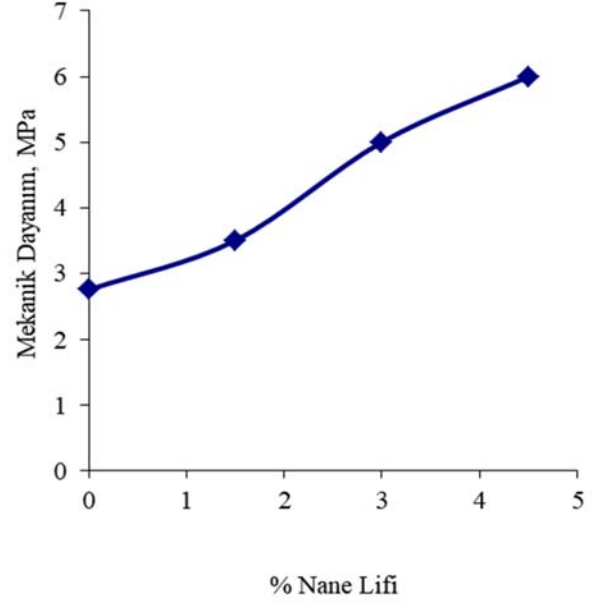
Tablo 1. Nane lifinin fiziksel ve mekanik özellikleri (Physical and mechanical properties of mint fiber)

Yoğunluk (g/cm ³)	1,82
Su absorplama kapasitesi (g su/g malzeme)	1,95
Çekme Dayanımı (MPa)	3,5

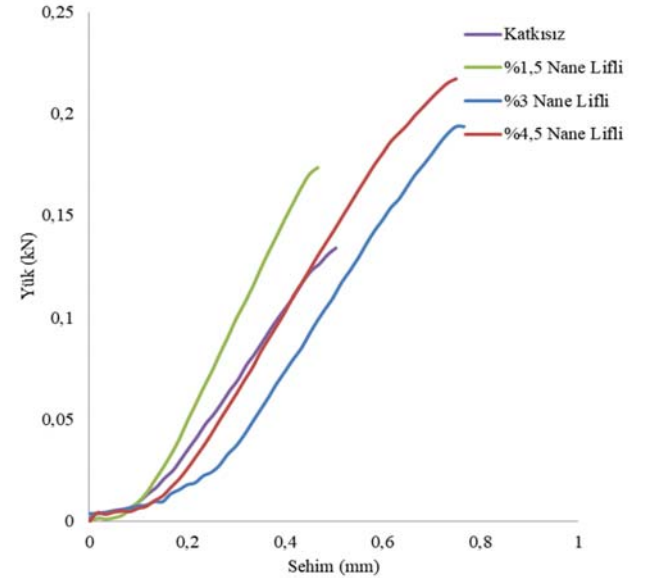
Şekil 6'da farklı kütleli yüzdelerde malzeme yapısına ilave edilen nane lifinin dayanım üzerine etkisi verilmektedir.

Yapıya ilave edilen nane lifi kompozit malzemenin mekanik dayanımı artırmıştır. Yapıda nane lifi yokken 2,75 MPa olan mekanik dayanım yaklaşık %5 nane lifi katkısıyla 6 MPa'a kadar artış göstermiştir. Daha önce gerçekleştirdiğimiz çalışmada cam tozu katkısıyla düşen dayanım çay lifi kullanılarak artırılmaya çalışılmış ve %3'lük çay lifi katkısının mekanik dayanımı eski değerine (34 MPa) getirdiği görülmüştür (Şahin vd.). Katkısız ve nane lifi katkılı polimerik kompozit malzemelerin yük-sehim grafikleri Şekil 7'de verilmektedir. Katkısız ve nane lifi katkılı polimerik kompozit malzemelerin yük-sehim

grafikleri incelendiğinde en yüksek mekanik dayanıma sahip %4,5 nane lifi katkılı malzemenin en fazla yük taşıdığı gözlenmiştir. Malzemelerin dayandıkları yüke karşı uzama-esneme değerleri dikkate alındığında çeliğe kıyasla esnek birer malzeme olmadıkları gözlenmiştir.

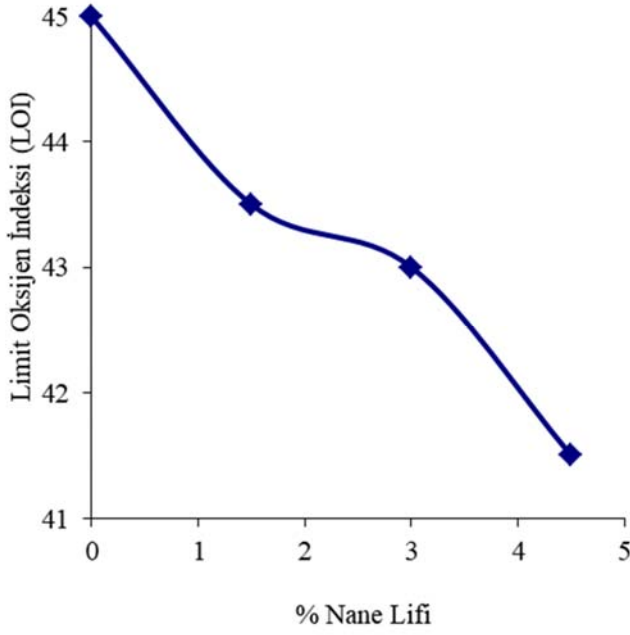


Şekil 6. Nane lifi katkısının mekanik dayanım üzerine etkisi (polimer/dolgu maddesi oranı: 1/3) (Effect of mint fiber additive on mechanical strength (ratio of polymer / filler material: 1/3))



Şekil 7. Katkısız ve nane lifi katkılı polimerik kompozit malzemelerin yük-sehim grafiği (Stroke strain graph of mint fiber added and pure polymeric composite material)

Nane lifi katkısı mekanik dayanımı artırırken LOI değerini düşürmüştür (Şekil 8).



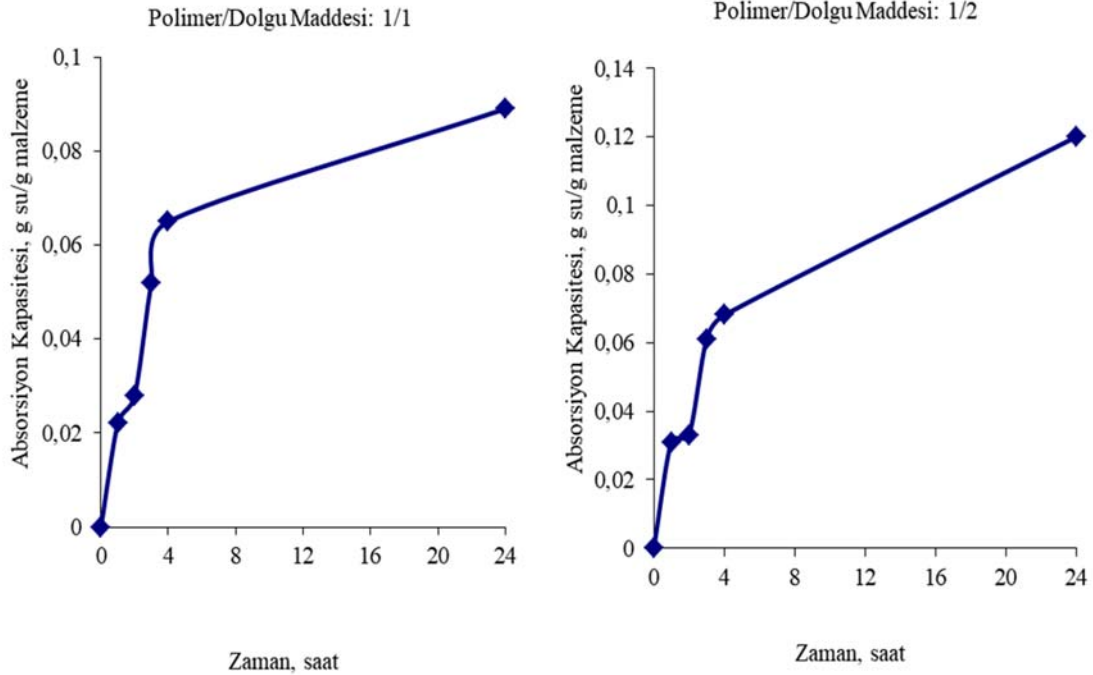
Şekil 8. Nane lifi katkısının LOI üzerine etkisi (polimer/dolgu maddesi oranı: 1/3)
(Effect of mint fiber additive on LOI (ratio of polymer / filler material: 1/3))

Bu katkının yanıcı özelliği dikkate alındığında yanmazlık özelliğinin azalması beklenen bir durumdur. Şeftali çekirdeği kabuğunun dolgu maddesi olarak kullanıldığı bir

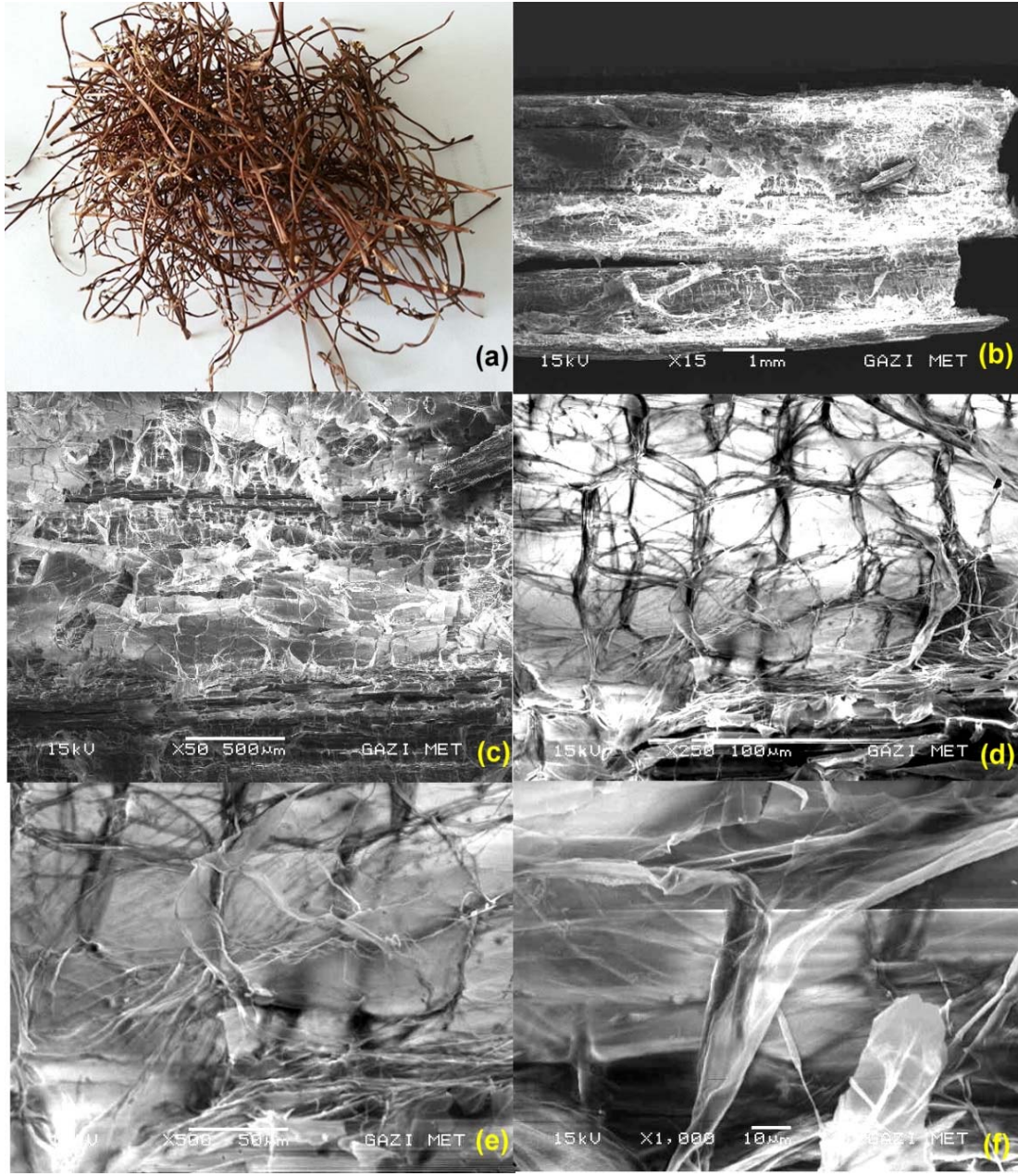
önceki çalışmamızda çay lifi katkısı da LOI değerinde azalma meydana getirmiştir [2]. Hurma çekirdeği kullanılarak hazırlanan polimerik kompozit malzemenin su tutma kapasitesi iki farklı polimer/dolgu maddesi (1/1 ve 1/2) oranında incelenmiştir. Şekil 9’da malzemelerin zamana karşı su absorplama kapasiteleri verilmektedir. Farklı polimer içerikli kompozit malzemelerin su absorplama eğilimleri incelendiğinde yaklaşık aynı davranışı sergiledikleri gözlenmiştir. Malzemeler ilk 4 saat içerisinde 24 saat boyunca absorpladıkları suyun önemli bir kısmını yapılarında tutmuşlardır. Polimer/dolgu maddesi oranı 1/1 iken 24 saat sonunda absorplanan su miktarı 0,089 g su/g malzeme iken, bu oran 1/2 olduğunda absorplanan miktar 0,12 g su/g malzeme olmuştur. Dolayısıyla, yapıdaki polimer oranının azalması ile absorplanan su miktarında artış tespit edilmiştir. Dolgu maddesinin polimerik bağlayıcıya göre daha gözenekli bir madde olduğu dikkate alındığında yapıdaki hurma çekirdeği miktarının artmasıyla malzemenin su tutma kapasitesindeki artış beklenen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır.

Üretilen nane lifi katkılı ve katkısız polimerik kompozit yapı malzemesinin morfolojik yapısı SEM analizi ile belirlenmiştir. Bunun yanı sıra malzemenin mekanik özelliklerini arttırmak için kullanılan nane lifinin de görüntüleri alınmıştır. Şekil 10’da nane lifinin makro görüntüsü ile birlikte farklı büyütme ölçeklerindeki SEM görüntüleri verilmektedir.

Hurma çekirdeğinden üretilen polimerik ahşap malzemenin dayanımını artırması için yapıya ilave edilen katkı maddesi



Şekil 9. Farklı polimer/dolgu maddesi oranlarında hazırlanan kompozit malzemelerin su absorplama kapasitelerinin zamanla değişimi (Variation of water absorption capacities of composite materials prepared at different polymer / filler ratios over time)



Şekil 10. Nane lifinin makro görüntüsü a) ve x15 b) x50 c) x250 d) x500 e) x1000 (f) büyütmelerdeki SEM görüntüleri
(Macro graphs of mint fiber (a) and SEM images at magnification x15 (b), x50 (c), x250 (d), x500 (e), x1000 (f))

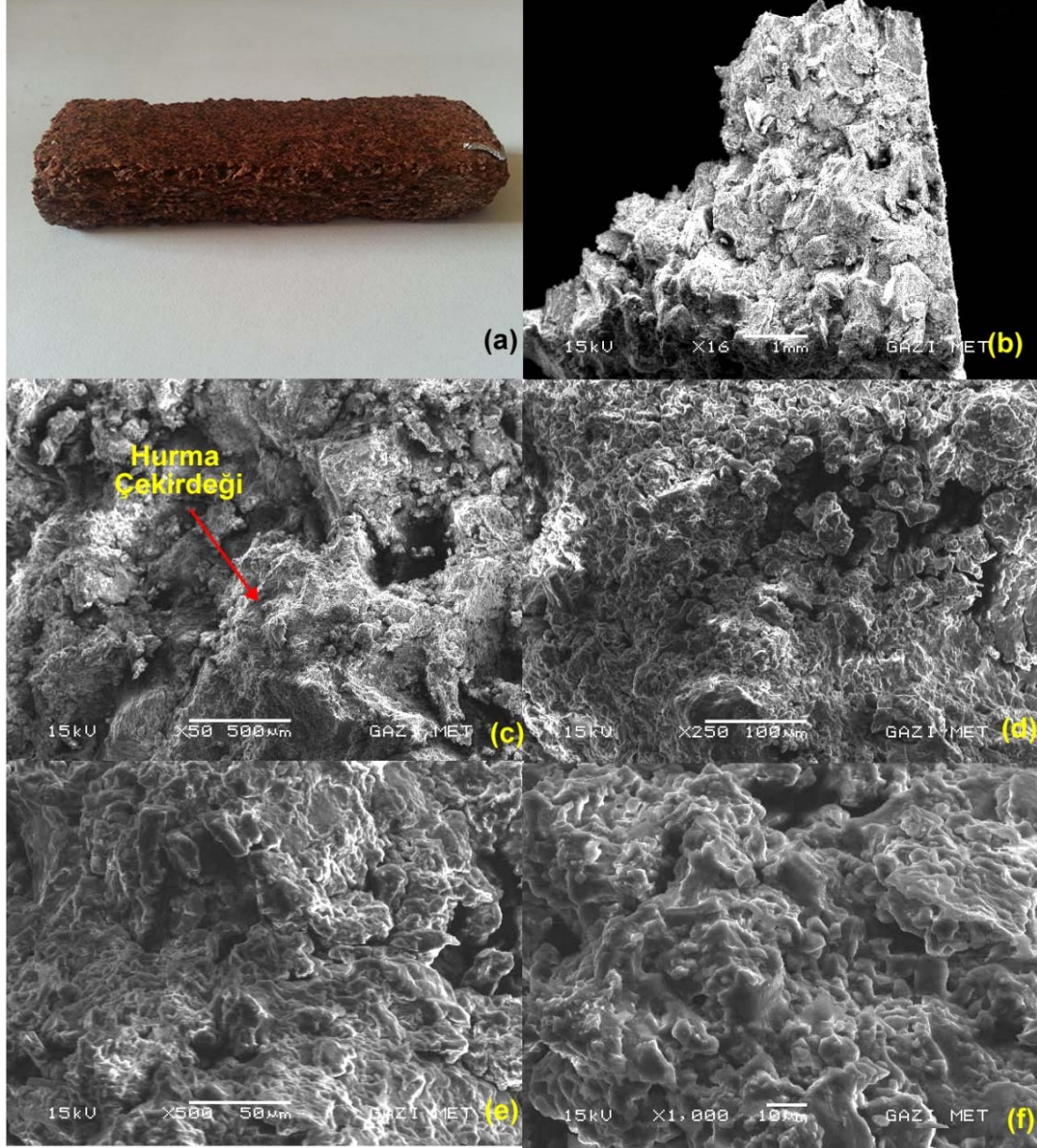
nane lifindeki lifsi yapılar SEM görüntülerinde gözlenmiştir. Kompozit malzeme üretiminde kullanılan dolgu ve katkı maddelerinin lifsi yapıya sahip olması mekanik dayanımı olumlu yönde etkiler. Nane lifinin SEM görüntülerinde gözlenen lifsi yapılar daha önceki sonuçlarda da tespit edildiği gibi mekanik dayanımı artırıcı yönde davranmıştır. Şekil 11’de katkısız polimerik kompozit malzemenin makro ve farklı büyütmelerdeki SEM görüntüleri verilmektedir.

Görüntüler incelendiğinde katkısız polimerik malzemenin granül haldeki hurma çekirdeğinin polimerik bağlayıcı ile çevrelendiği gözlenmiştir. %3 nane lifi katkılı kompozit malzemenin SEM görüntüleri Şekil 12’de verilmektedir.

Nane lifi katkılı malzemenin SEM görüntüleri incelendiğinde yapıya ilave edilen nane liflerinin varlığı net bir şekilde gözlenmiştir. Bu çalışmada farklı polimer/dolgu maddesi oranlarında (1/1-1/4) hurma çekirdeğinden hazırlanan polimerik kompozit malzemelerle birlikte farklı yüzdelerde (%1,5-4,5) nane lifi eklenerek hurma çekirdeğinden hazırlanan polimerik kompozit malzemelerin mekanik dayanım ve LOİ değerleri incelenmiştir. Aynı sıra farklı polimer/dolgu maddesi oranlarındaki (1/1 ve 1/2) katkısız kompozitlerin de su tuma kapasiteleri deneysel olarak belirlenmiştir. Nane lifi katkısız olarak hazırlanan polimerik malzemelerden en yüksek dayanım değerine sahip eşit oranda polimer ve dolgu maddesi içeren kompozit

malzemenin özellikleri ticari olarak kullanılan sunta ile karşılaştırılmıştır. Ticari sunta ile hurma çekirdeği kullanılarak hazırlanan kompozit malzemenin mekanik dayanım, LOİ ve su tutma kapasiteleri Tablo 2’de

kiyaslanmıştır. Tablo 2 incelendiğinde tarımsal bir atık olan hurma çekirdeği kullanılarak hazırlanan kompozit malzemenin ticari olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

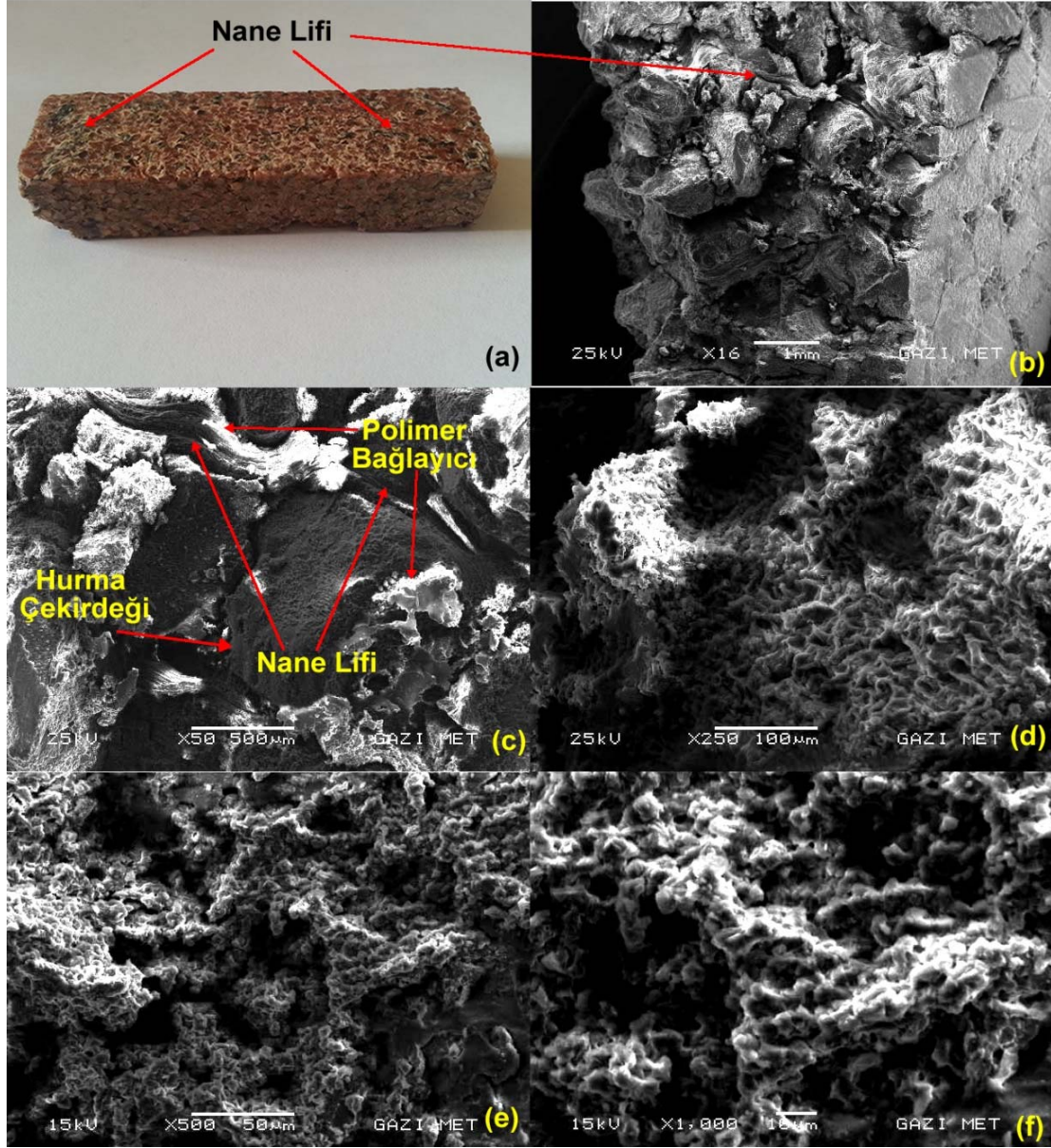


Şekil 11. Katkısız polimerik kompozit malzemenin makro görüntüsü a) ve x15 b) x50 c) x250 d) x500 e) x1000 f) büyütmelerdeki SEM görüntüleri

(Macro graphs of pure polymeric composite material (a) and SEM images at magnification x15 (b), x50 (c), x250 (d), x500 (e), x1000 (f))

Tablo 2. Ticari sunta ile hurma çekirdeğinden elde edilen kompozit malzemenin özelliklerinin karşılaştırılması
(Comparison of the properties of composite material obtained from commercial chipboard and palm kernel)

Malzeme	Mekanik Dayanım (MPa)	LOİ	Su tutma kapasitesi (g su/g malzeme)
Ticari sunta	3,45	21	0,713
Kompozit Malzeme (Polimer/Kabuk: 1/1)	6,20	50	0,089



Şekil 12. %3 nane lifi katkılı polimerik kompozit malzemenin makro görüntüsü a) ve x15 b) x50 c) x250 d) x500 e) x1000 f) büyütmelelerdeki SEM görüntüleri (Macro graphs of %3 mint fiber added polymeric composite material (a) and SEM images at magnification x15 (b), x50 (c), x250 (d), x500 (e), x1000 (f))

4. SİMGELER (SYMBOLS)

$m_{ıslak}$: Kompozit malzemenin ıslak halinin kütlesi, g
 m_{kuru} : Kompozit malzemenin kuru halinin kütlesi, g

5.1. Kısaltmalar (Abbreviations)

LOI : Limit oksijen indeksi

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada, tarımsal bir atık olan hurma çekirdeği kullanılarak kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen bu malzemenin ahşap malzemelere alternatif

olabilme durumu incelenmiştir. Çalışmada polimerik bağlayıcı olarak üre-formaldehit reçinesi kullanılmış, polimer/dolgu maddesi oranı ve nane lifi katkısının malzemenin mekanik dayanım ve yanmazlık özelliği üzerine etkileri irdelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda malzeme yapısındaki polimer miktarının artışının hem mekanik dayanımı hem de yanmazlık özelliğini artırıcı yönde etkisi olduğu belirlenmiştir. En yüksek mekanik dayanım değeri eşit miktarda polimer ve hurma çekirdeği içeren numunede 6,2 MPa olarak elde edilirken, bu malzemenin LOI değeri 50 olarak tespit edilmiştir. Mekanik dayanımı takviye etmek amacıyla kullanılan nane lifi de beklendiği etkiyi göstererek dayanımı artırıcı yönde davranış sergilemiştir. %4,5 nane lifi ilave edilen ve polimer kabuk oranı 1/3 olan kompozit

malzemenin mekanik dayanımı 2,75 MPa'dan 6 MPa'a yükseldiği gözlenmiştir. Ticari olarak kullanılan sunta malzemesinin mekanik dayanım değeri (3,45 MPa), su tutma kapasitesi (0,713 g su/g malzeme) ve yanmazlık özelliği (LOİ=21) dikkate alındığında hurma çekirdeğinden üretilen polimerik kompozit malzemenin daha iyi sonuçlar sergilediği ve ticari ahşap malzemelere alternatif olabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Gürü M., Tekeli S., Bilici I., Manufacturing of urea-formaldehyde based composite particleboard from almond shell, *Mater. Des.*, 27, 1148–1151, 2006.
- Sahin A., Tasdemir H.M., Karabulut A.F., Gürü M., Mechanical and thermal properties of particleboard manufactured from waste peachnut shell with glass powder, *Arabian J. Sci.Eng.*, 42, 1559-1568 2017.
- Gürü M., Atar M., Yıldırım R., Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements, *Mater.Des.*, 29, 284-287, 2008.
- Gürü M., Aruntaş Y., Bilici İ., Tüzün N., Processing of urea-formaldehyde based particleboard from hazelnut shell and improvement of its fire and water resistance, *Fire Mater.*, 33, 413-419, 2009.
- Gürü M., Karabulut A.F., Aydın M.Y., Bilici I., Processing of fireproof and high temperature durable particleboard from rice husk, *High Temp. Mater.Processes*, 34, 599-604, 2015.
- Biswas D., Bose S.K., Hossain M., Physical and mechanical properties of urea formaldehyde bonded particleboard made from bamboo waste, *Int. J.Adhes.Adhes.*, 31, 84-87, 2011.
- Rowel R.M., Norimoto M., Dimensional stability of bamboo particleboards made from acetylated particles, *Mokuzai Gakkaishi*, 34, 627–629, 1988.
- Pirayesh H., Moradpour P., Sepahvand S. Particleboard from wood particles and sycamore leaves Physico-mechanical properties, *Eng.Agric. Environ. Food*, 8, 38-43, 2015.
- Klímek P., Meinschmidt P., Wimmer R., Plinke B., Schirp A., Using sunflower (*Helianthus annuus L.*), topinambour (*Helianthus tuberosus L.*) and cup-plant (*Silphium perfoliatum L.*) stalks as alternative raw materials for particleboards, *Ind. Crops. Prod.*, 92, 157-164, 2016.
- Que Z., Furuno T., Katoh S., Nishino Y., Effects of urea-formaldehyde resin mole ratio on the properties of particleboard, *Build. Environ.*, 42, 1257-1263, 2007.
- Khazaeian A., Ashori A., Dizaj M. Y., Suitability of sorghum stalk fibers for production of particleboard, *Carbohydr. Polym.*, 120, 15–21, 2015.
- Solyman W.S.E., Nagiub H.M., Alian N.A., Shaker N.O., Kandil U.F. Synthesis and characterization of phenol/formaldehyde nanocomposites: Studying the effect of incorporating reactive rubber nanoparticles or Cloisite-30B nanoclay on the mechanical properties, morphology and thermal stability, *J. Radiat. Res.Appl.Sci.*, 10, 72-79, 2017.
- Çakanyıldırım Ç., Improvement of the fire resistance and physical properties of glass fiber and particle reinforced phenol and urea formaldehyde, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26 (1), 185-190, 2014.
- Kim S., Kim H.J., Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine formaldehyde resin on the adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring, *Int. J. Adhes. Adhes.*, 25, 456-461, 2005.
- Kaboorani A., Riedl B. Improving performance of polyvinyl acetate (PVA) as a binder for wood by combination with melamine based adhesives, *Int. J. Adhes. Adhes.*, 31, 605-611, 2011.
- Zhang L., Hu Y., Novel lignocellulosic hybrid particleboard composites made from rice straw and coir fibers, *Mater. Des.*, 55, 19-26, 2014.
- Li B., Zhengi Y., Pan Z. Hartsough B., Improved properties of medium density particleboard manufactured from saline creeping wild rye and HDPE plastic, *Ind. Crops. Prod.*, 30, 65-71, 2009.
- Benthien J.T., Sommerhuber P.F., Heldner S., Ohlmeyer M., Seppke B., Krause A., Influence of material origin on the size distribution of wood particles for wood-plastic composite (WPC) manufacture, *Eur. J. Wood Prod.*, 75, 477-480, 2017.
- Han G.P., Zhang C.W., Zhang D.M. Upgrading of urea formaldehyde-bonded reed and wheat straw particleboard using silane coupling agents, *J. Wood Sci.*, 44, 282–286, 1998.
- Kusumaha S.S., Umemuraa K., Yoshiokac K., Miyafuji H., Kanayama K. Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties, *Ind. Crops Prod.*, 84, 34–42, 2016.
- Viswanathan R., Gothandapani L. Optimum process variables for the production of coir pith particle board, *J. of Agr. Eng. Res.*, 74, 331–337, 1999.
- Ayrimis N., Kwon J.H., Han T.H. Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk, *Int. J. Adhes. Adhes.*, 38, 79-83, 2012.
- Harada T., Uesugi S., Masuda H. Fire resistance of thick wood-based boards, *J. Wood Sci.*, 52, 544–551, 2006.
- Arab B., Shokuhfar A. Molecular dynamics simulation of cross-linked urea-formaldehyde polymers for self-healing nanocomposites: prediction of mechanical properties and glass transition temperature, *J. Mol. Model.*, 19, 5053-5062, 2013.
- Cherdron H., Rehahn M., Ritter H., Voit B. Polymer Synthesis: Theory and Practise: Fundamentals, methods, experiment, 5th. Ed., Springer, Berlin, 2013.
- Tang Y., Wang D., Jing X.K., Ge X.G., Yang B., Wang Y.Z. A Formaldehyde-Free Flame Retardant Wood Particleboard System Based on Two-Component Polyurethane Adhesive, *J. Appl. Polym. Sci.*, 108, 1216–1222, 2008.

27. Rangavar H., Hoseiny M.S.F. The effect of nanocopper additions in a urea-formaldehyde adhesive on the physical and mechanical properties of particleboard manufactured from date palm waste, *Mech. Comp. Mat.*, 51, 119-126, 2015.
28. Mohammadkazemi F., Aguiar R., Cordeiro N. Improvement of bagasse fiber-cement composites by addition of bacterial nanocellulose: an inverse gas chromatography study., *Cellulose*, 24, 1803-1814, 2017.