

# ZEYTİN PİRİNASI/POLYESTER KOMPOZİTİN BASMA YÜKÜ ALTINDAKİ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Cenk Kılıçaslan

Dr.,  
kiliçaslancenk@gmail.com

## ÖZ

Kompozit malzemelerde genellikle cam elyaf veya karbondan yapılmış fiberler kullanılmaktadır. Bunlar üretimi zor, pahalı ve doğa dostu olmayan malzemelerdir. Kompozit malzemelerde doğada bolca bulunan, ucuz ve zehirli olmayan güçlendirici malzemelerin kullanılması bu noktada önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde bol olarak bulunan ve zeytin sıkma işleminden sonra arta kalan zeytin pirinasının polyeester matrisli kompozitlerde kullanımının araştırılmasıdır. Çalışmanın ilk kısmında, zeytin çekirdeği parçaları hiçbir kimyasal işleme tabi tutulmadan ve öğütülmeden parçacık olarak kullanılmış, böylece pirinanın primitif kullanımının kompozit malzemenin mekanik değerlerine olan etkisinin etüdü yapılmıştır. Çalışma kapsamında, %30, %40, %50 ve %60 zeytin çekirdeği oranına sahip silindirik şekilli kompozit malzemeler üretilmiştir. Basma deneyleri 0.001 s<sup>-1</sup> gerinim hızında gerçekleştirilmiştir. Kompozit ve saf polyeester malzemelerinin gerilme-gerinim eğrileri, elastik modülleri, akma gerilmesi ve yoğunlaşma gerinim değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, polyeester içindeki zeytin çekirdeği oranının artması ile elastik modülün ve akma gerilmesinin azaldığı, yoğunlaşma geriniminin ise arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit, zeytin, pirina, basma

## DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF OLIVE RESIDUE/POLYESTER COMPOSITE UNDER COMPRESSIVE LOADING

### ABSTRACT

E-glass/carbon fibers or hard particles like ceramics were generally used as reinforcement in composite materials. These materials are hard to manufacture, expensive and not environmentally friendly. In this point, it is crucial to use cheap and non-toxic reinforcement materials. The aim of this study is to investigate potential use of olive nut particles in polyeester matrix composites. In the presented part of the research, olive nut particles were not subjected to any chemical treatment and not grinded, therefore the primitive usage of olive nut particles on the mechanical properties of composite material was investigated. In this scope, cylindrical composites with olive nut content of 30%, 40%, 50% and 60% were prepared. Compression tests were conducted at strain rate of 0.001 s<sup>-1</sup>. Stress-strain curves, elastic modulus, yield stress and densification strain of composites and pure polyeester were then compared. Elastic modulus and yield stress were seen to decrease while densification strain increased with increasing content of olive nuts in the composites.

**Keywords:** Composite, olive, olive cake, compression

Geliş tarihi : 06.07.2015  
Kabul tarihi : 23.02.2016

Kılıçaslan, C. 2016. "Zeytin Pirinası/Polyester Kompozitin Basma Yükü Altındaki Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 676, s. 26-31.

## 1. GİRİŞ

Zeytinyağı yapımı ve zeytin ağacı yetiştiriciliği M.Ö. 6000 yılına kadar uzanan ve Akdeniz ülkelerine özgü olan bir tarım kültürüdür. Dünyadaki zeytinyağı üretiminin %97'si İspanya, Yunanistan, Türkiye, İtalya ve Tunus gibi Akdeniz ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir [1]. 2004-2008 yılları arasında Türkiye'de yıllık ortalama 145.000 ton zeytinyağı üretilmiştir ve ülkemiz dünyada zeytinyağı üreten ülkeler arasında altıncı sırada yer almaktadır [2]. Zeytinlerin sıkılma işleminden sonra geriye sıvı ve katı (zeytin keki-olive cake) olarak iki farklı atık çıkmaktadır. Yüz kilogram zeytin sıkılması sonucu, 20 kg yağ, 30 kg katı atık ve 50 kg sıvı atık elde edilmektedir [3]. Katı atık ülkemizde pirina olarak adlandırılmaktadır. Pirina, kırılmış zeytin çekirdekleri, sıkma artıkları, yaprak, dal vb. gibi atıklardan oluşmaktadır. Yağ dışında ortaya çıkan bu atıkların imhası çevresel problemler yaratmaktadır. Özellikle ülkemizde pirina, ısınma amacıyla kullanılmaktadır. Bu da çevreye zararlı gaz salınımını arttırmaktadır. Bu noktada, ortaya çıkan atıkların endüstride geri dönüşüm ile farklı amaçlar için kullanılması önem kazanmaktadır. Son yıllarda, polimer malzemeler içerisinde selüloz fiberlerin ya da parçacıkların kullanımı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Birçok çalışmada, Hint keneviri, Hindistan cevizi, keten, ağaç parçacıkları, ananas, bambu gibi selüloz/lignin açısından zengin fiberler ya da parçacıklar kullanılarak polimer matrisli kompozitler üretilmiştir [4]. Selüloz/lignin içerikli kompozitler hakkındaki çalışmalar Bledzki ve Gassan'nın [5] çalışmasında detaylıca özetlenmiştir.

Literatürde zeytin çekirdeği/polimer kompozitler üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur. Çalışmalarda, kompozitlerin yoğunlukla mikro-yapıları, elektrik iletkenlikleri, mekanik özellikleri, su absorbe etme özellikleri, termal özellikleri ve aşınma özellikleri incelenmiştir. Burada verilen literatür özetinde yalnızca mekanik özellikler sunulacaktır. Djidjelli ve diğerleri [6], zeytin posası/polyvinyl chloride (PVC) kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Zeytin posası parçacık boyutu yaklaşık 100 µm olacak şekilde öğütülmüştür. Zeytin tozunun bir kısmına herhangi bir kimyasal işlem uygulanmazken diğer bir kısmı benzil klorür kullanılarak kimyasal işleme tabi tutulmuştur. Her iki tip zeytin tozu ile %5, %15, %25 oranlarında kompozitler hazırlanmış ve 10 mm/dk hızında çekme yüklemesi altında test edilmişlerdir. Her iki zeytin tozu ile yapılan kompozitlerin hem toplam uzama hem de kırılma gerilme değerleri saf PVC'nin değerlerinden düşük olarak bulunmuştur. Ayrıca matris içindeki zeytin tozunun oranı arttıkça, bahsedilen değerlerde düşüş gözlenmiştir. Saf PVC'nin kırılma gerilmesi yaklaşık 29 MPa civarındayken, %25 saf kompozitin 14 MPa, %25 benzil klorürlü kompozitin ise 16 MPa civarındadır. Benzil klorür ile yapılan kimyasal işleme mekanik değerlerde çok fazla etkisinin ol-

madığı görülmüştür. Mousa ve diğerleri [7], zeytin kabuğu/PVC kompozitlerin çekme ve darbe dayanımlarını incelemişlerdir. Zeytin kabuklarını 24 saat boyunca 105 °C'de ısıtma işlemine tabi tutmuşlar, daha sonra, parçacık boyutu ortalama 100 µm oluncaya kadar öğütmişlerdir. Kompozit malzemeler 0, 5, 10, 15 ve 20 phr (parts per hundred of rubber) oranında zeytin kabuğu tozu içermekte ve 10 MPa basınç, 180 °C sıcaklık altında dökülmüşlerdir. Çekme testleri sonunda, hem çekme dayanımı gerilmesinin hem de elastite modülünün artan zeytin kabuğu tozu oranı ile arttığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak, zeytin kabuğu tozu ile PVC matris arasındaki atomik bağın polar-polar olması, böylece toz parçacıklarının matrise çok daha kuvvetli bir şekilde bağlanması olduğu belirtilmiştir. Darbe testleri sonunda, saf PVC'nin yaklaşık 0,55 J enerji sönmülediği, 5 phr oranlı kompozitte ise enerji sönmüleme değerinin 0,2 J'e düştüğü görülmüştür. Zeytin tozu oranı arttıkça, malzemenin enerji sönmüleme değeri azalmaya devam etmiştir; ancak bu azalma hızı 15 phr'den sonra 0,1 J değerinde neredeyse sabit kalmıştır. Ihamouchen ve diğerleri [8], zeytin kabuğu tozu/yüksek yoğunluklu polyethylene (HDPE) matrisli kompozitlerde toza ve matrise uygulanan kimyasal işlemlerin mekanik dayanıma olan etkilerini incelemişlerdir. Zeytin kabuğu tozlarının bir kısmı kimyasal işleme tabi tutulmamış (UT kodlu malzemeler), bir kısmı ise vinyl-triacetoxy-silane (VTAS) kullanılarak kimyasal olarak işlenmiştir (TS kodlu malzemeler). Matris malzemesinin bir kısmı ise maleic anhydride grafted polyethylene (MAPE) ile sentezlenmiştir (TP kodlu malzemeler). Tüm üretilen malzemelerin mekanik değerleri saf HDPE'nin mekanik değerleri ile karşılaştırılmıştır. UT malzemelerde çekme dayanım gerilmesi ve (%) uzama miktarları azalırken, elastite modülleri artmıştır. TS malzemelerde çekme dayanım gerilmesi ve elastite modülü artarken, (%) uzama miktarları azalmıştır. Silane ile yapılan kimyasal işleme yüzeyler arası yapışma miktarını artırarak kompozitlerin dayanımını arttırdığı görülmüştür. TP kompozitlerde ise tüm değişkenlerde artış görülmüştür. MAPE ile uygulanan kimyasal işleme hem yüzeyler arası yapışma kabiliyetini arttırdığı hem de matris malzemesine esneklik kazandırdığı görülmüştür. Gharbi ve diğerleri [9], farklı konsantrasyonlardaki zeytin çekirdeği tozu/polyester kompozitlerin bükülme ve darbe dayanımlarını incelemişlerdir. Zeytin çekirdekleri öğütülmüştür ve partikül boyutları 50-200 µm arasındadır. Tozun bir kısmı silane γ-mercaptopropyltrimethoxysilane (MRPS) ile kimyasal olarak işlenmiştir. Kompozitlerde %0-%60 oranları arasında zeytin tozu kullanılmıştır. Mekanik testler üç nokta eğme ve Charpy darbe test düzenekleri ile yapılmıştır. Üç nokta eğme testleri sonunda bükülme modülünün artan zeytin tozu oranı ile lineer olarak arttığı görülmüştür. Silane ile işlenen kompozitlerin bükülme modülleri işlenmemiş kompozitlerin modüllerinden yüksek olarak bulunmuştur. Örneğin %55 oranındaki kompozitin bükülme modülü matris malzemesinin bükülme modülünden

2,51 kat, aynı orandaki silane ile işlenmiş kompozitin bükülme modülü ise 2,8 kat daha büyük olarak bulunmuştur. Her iki tip kompozitlerin bükülme dayanımlarının ise %30 zeytin tozu oranına kadar yavaşça arttığı, bu değerden sonra ise azaldığı görülmüştür. Charpy testleri sonunda, kompozitlerin enerji sönmeme değerlerinin zeytin tozu oranı arttıkça düştüğü görülmüştür. Örneğin %10 oranındaki kompozitin enerji sönmeme değeri yaklaşık  $6 \text{ KJ/m}^2$  iken, %55 oranında bu değer yaklaşık  $3,5 \text{ KJ/m}^2$ 'ye düşmüştür. Silane ile işlenmiş kompozitlerin enerji sönmeme değerleri işlenmemiş kompozitlerden daha düşük olarak bulunmuştur.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde bol olarak bulunan zeytin pirinasının polyester matrisli kompozitlerde kullanımının araştırılmasıdır. Araştırma kapsamında, literatürde bulunan çalışmalardan farklı olarak zeytin çekirdeği parçaları öğütülmemiştir ve matris malzemesi olarak cam fiber kompozit yapımında kullanılan yüksek mukavemetli polyester kullanılmıştır. Ayrıca şu ana kadar yapılan çalışmalarda, bu kompozitlerin basma yükü altındaki davranışları incelenmemiştir. Bu amaçla, %30, %40, %50 ve %60 zeytin çekirdeği oranına sahip kompozit malzemeler hazırlanmış ve  $0.001 \text{ s}^{-1}$  gerinim hızında basma yüklemesine tabi tutulmuşlardır. Kompozit ve saf polyester malzemelerinin gerilme-gerinim eğrileri, elastik modülleri, akma gerilmesi ve yoğunlaşma gerinim değerleri karşılaştırılmıştır.

## 2. KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ

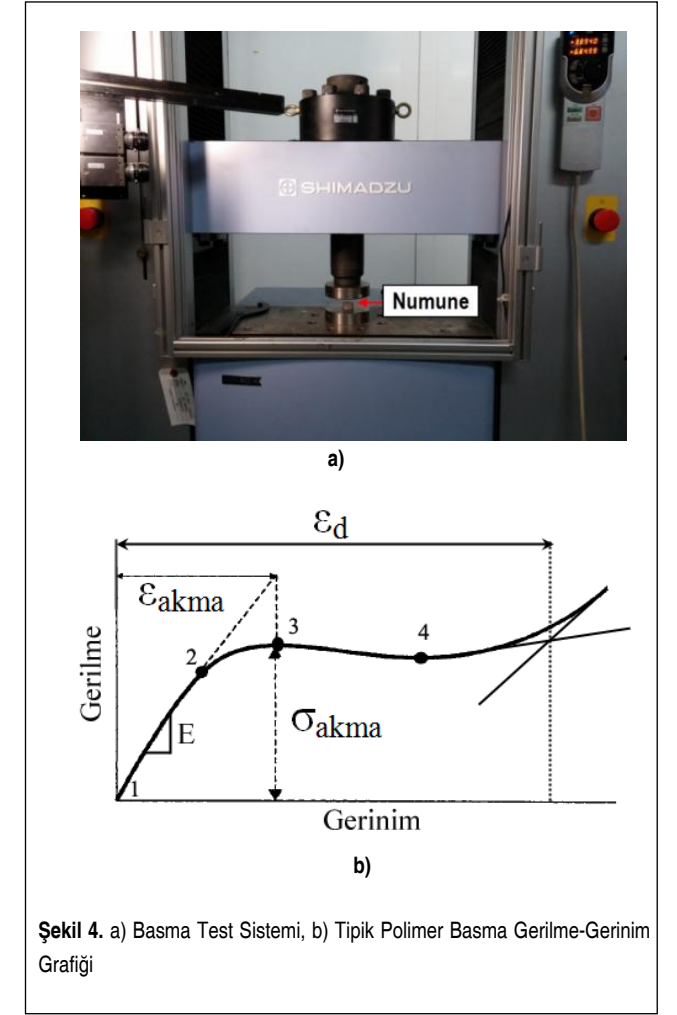
Zeytin pirinası Aydın'da bulunan zeytinyağı sıkma fabrikasından temin edilmiştir. Zeytin pirinası kırılmış zeytin çekirdeği parçaları, zeytin kabukları, yapraklar ve dallar gibi sıkma atıklarından oluşmaktadır. Pirinanın bir kısmı sıcak su dolu kaplara alınmış ve 1 saat boyunca dinlenmeye bırakılmıştır. Her dinlenme işleminden sonra üstte kalan atıklar toplanmış ve dibe çöken malzemeler süzğüden geçirilmiştir. Bu işlem

3-4 kez tekrarlanarak çekirdek parçalarından tüm diğer atık malzemeler ayrılmıştır. Temizlenen çekirdekler oda sıcaklığında 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Şekil 1a'da temizlenmiş zeytin çekirdeği parçaları gösterilmektedir. Temizlenen ve kurutulan çekirdek parçalarından  $2000 \text{ mm}^3$  hacimli tüpleri dolduracak şekilde örnekler alınmış ve çekirdek parçacıklarının ortalama boyutu belirlenmiştir. Şekil 1b'de çekirdek boyutlarının dağılımı gösterilmektedir. Ölçülen çekirdeklerin minimum boyutu 2, maksimum boyutu ise 6,5 mm civarındadır. Ortalama çekirdek boyutu  $3,995 \text{ mm}$  ( $\sim 4 \text{ mm}$ ) olarak hesaplanmıştır.

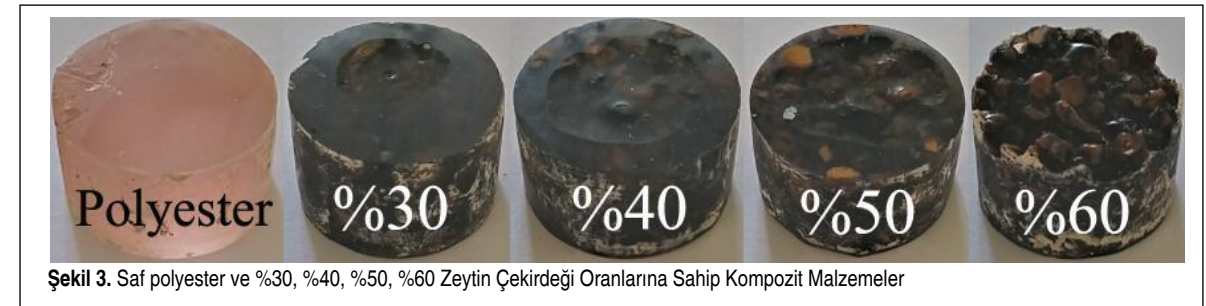
Kompozit malzemelerde matris olarak CE92N8 kodlu polyester kullanılmıştır. Polyester içerisinde %1 oranında peroksit dondurucu, %0,5 oranında kobalt hızlandırıcı kullanılmıştır. Zeytin çekirdekleri polyester içerisine %30, %40, %50 ve %60 oranlarında karıştırılmıştır. Yüzde 30 çekirdek oranı altında yapılan kompozitlerde homojenlik sağlanamamış, zeytin çekirdeklerinin numune altına çöktüğü gözlemlenmiştir (Şekil 2a). Polyester ile karıştırılan zeytin çekirdekleri, düz zemine çift taraflı bant kullanılarak yapıştırılan ve temas yüzeyleri kalıp ayırıcı ile kaplanan PVC kalıplar içerisine dökülerek donmaya bırakılmıştır. Çalışmada kullanılan kalıplar Şekil 2b'de gösterilmektedir. Her bir karışım oranı için üç adet numune üretilmiştir. Numuneler donduktan sonra kalıplardan çıkarılmış ve parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemden dolayı oluşan fazla parçalar 320 dereceli SiC zımpara kâğıtları ile temizlenmiş, daha sonra, numunelerin dış yüzeyleri sırası ile 600 ve 800 dereceli SiC zımparalar kullanılarak düzeltilmiştir. Üretilen numuneler 24 mm çapa (D) ve 15 mm (L) yüksekliğe sahiptir. Hazırlanan numunelerin son halleri Şekil 3'te verilmiştir. Saf polyester numunelerin ortalama yoğunluğu  $290 \text{ kg m}^{-3}$  olarak bulunmuştur. Kompozitlerin yoğunlukları ise  $305\text{-}310 \text{ kg m}^{-3}$  arasında değişmektedir.



Şekil 2. a) %20 Çekirdek Oranına Sahip Kompozit Numune, b) Döküm Kalıpları



Şekil 4. a) Basma Test Sistemi, b) Tipik Polimer Basma Gerilme-Gerinim Grafiği

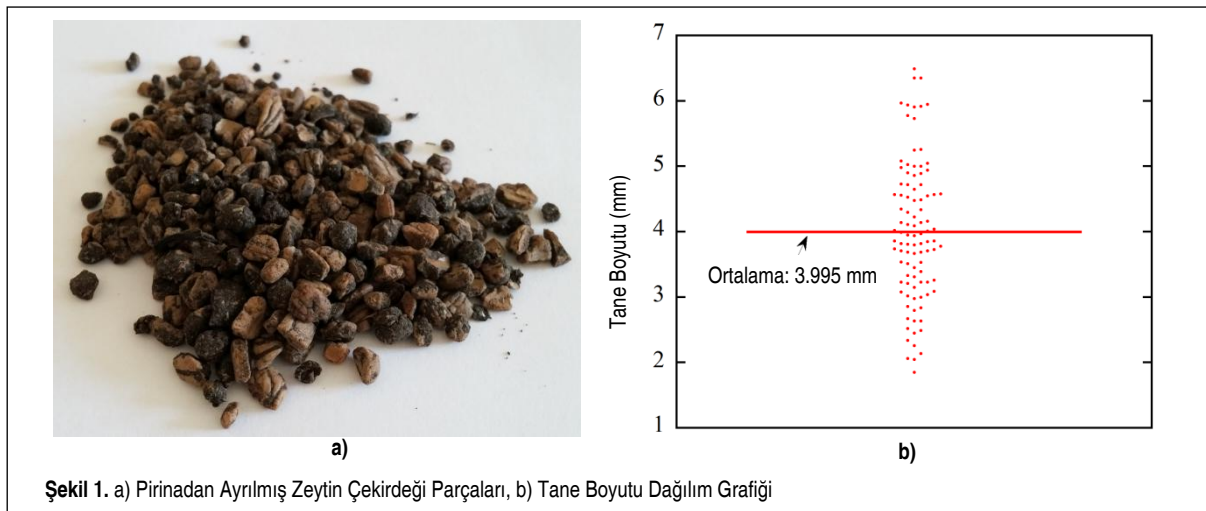


Şekil 3. Saf polyester ve %30, %40, %50, %60 Zeytin Çekirdeği Oranlarına Sahip Kompozit Malzemeler

## 3. BASMA TESTLERİ

Basma testleri Şekil 4a'da gösterilen 360 kN kapasiteli SHIMADZU AGX-I test cihazında  $0.001 \text{ s}^{-1}$  gerinim hızında ( $0.015 \text{ mm s}^{-1}$  hızına denk gelmektedir) gerçekleştirilmiştir. Test metodları ile ilgili birçok kaynakta L/D oranının 1,5'dan küçük olduğu basma numunelerinde sonuçların basma kafaları ile numune arasındaki sürtünmeden etkilenebileceği belirtilmiştir. Bu nedenle, testten önce her bir numunenin alt ve üst yüzeyleri ince tabaka gres yağı ile kaplanmış ve sürtünme etkisi minimuma indirilmiştir. Şekil 4b'de tipik bir polimerin

basma yüklemesi altındaki gerilme-gerinim eğrisi gösterilmektedir. Grafikte gösterilen 1 ve 2 noktaları arasında Hooke Kanunu geçerlidir ve bu kısımdaki eğrinin eğimi malzemenin elastik modülünü vermektedir. Üç numaralı noktadan sonra deformasyon plastiğe dönmektedir. Bu noktadaki maksimum nokta, akma gerilmesi ( $\sigma_{akma}$ ) ve bu noktaya karşılık gelen gerinim değeri ise akma gerinimidir ( $\epsilon_{akma}$ ). Nokta 4'ten itibaren gerilme değeri hızla artmaya başlamaktadır. Bu noktadan sonra, Şekil 4b'de gösterildiği şekilde bulunan gerinim ise yoğunlaşma gerinimidir ( $\epsilon_d$ ).

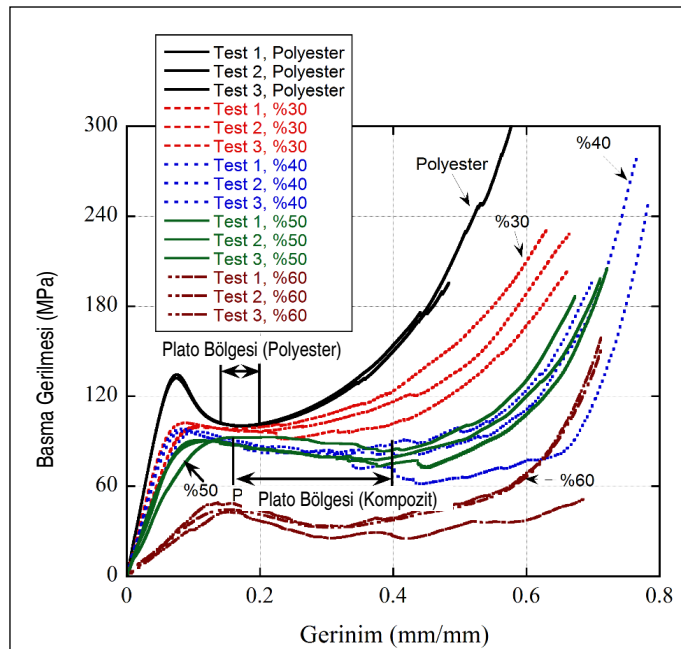


Şekil 1. a) Pirinadan Ayrılmış Zeytin Çekirdeği Parçaları, b) Tane Boyutu Dağılım Grafiği

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Polyester ve kompozit malzemelerin basma gerilme-gerinim eğrileri Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere, her malzemenin üç test sonucu birbiri içerisinde uyumludur. Polyester malzemenin gerilme değeri akma gerilmesinde maksimum noktaya ulaşmış, daha sonra, yumuşama göstererek azalmıştır. Kompozit malzemelerin gerilme değerleri ise maksimum gerilme noktasına ulaştıktan sonra bu gerilme değerinden yoğunlaşma noktasına kadar neredeyse sabit kalmıştır. Bu davranış, %40 ve %50 çekirdek oranına sahip kompozit malzemelerde daha açık olarak görülmektedir. Polyester içerisinde zeytin çekirdeği kullanımının polyester malzemenin plato bölgesinin uzunluğunu artırdığı görülmüştür (Şekil 5). Polyester malzemenin plato bölgesi uzunluğuna kıyasla bu artış %30, %40, %50 ve %60; kompozitlerde sırasıyla yaklaşık %44, %126, %94 ve %95 oranlarında olmuştur. Gerilmenin maksimum noktaya ulaştıktan sonra 0,6-0,8 gerinim değerlerine kadar sabit kalması, genellikle alüminyum köpük ya da kafesli metalik yapılar gibi enerji sönmeme kapasitesi yüksek olan malzemelerde görülen mekanik bir davranıştır. Zeytin çekirdeği parçalarının polyester gibi sert bir polimere bu özellikleri kazandırması dikkat çekilmesi gereken önemli bir noktadır.

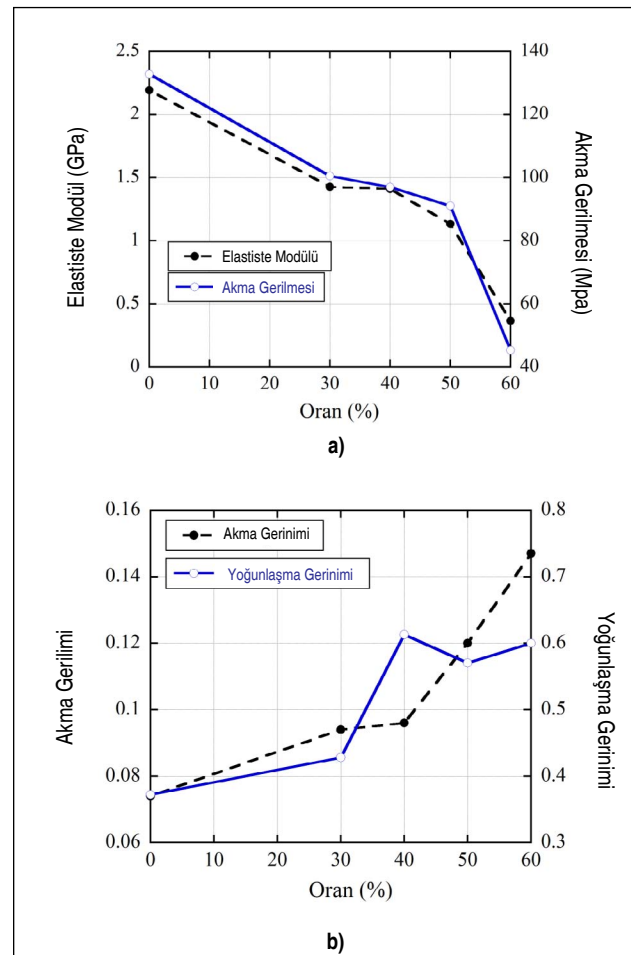
Şekil 6'a da, malzemelerin elastiste modülleri ve akma gerilmelerinin kompozit malzemedeki çekirdek oranı ile değişimleri gösterilmektedir. Polyester malzemenin elastiste modülü ve akma gerilmesi 2,2 GPa ve 133 MPa olarak belirlenmiştir. Yüzde 30, %40, %50 ve %60 çekirdek oranına sahip kom-



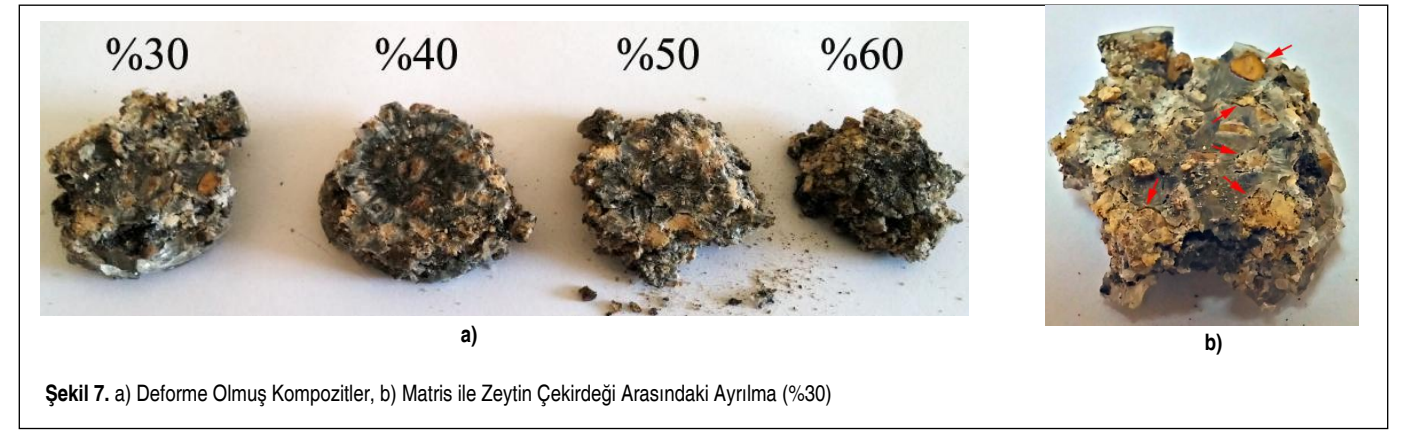
Şekil 5. Polyester ve Kompozit Malzemelerin Basma Gerilme-Gerinim Eğrileri

pozitlerin elastiste modülleri ve yaklaşık %35, %34, %48 ve %83 oranlarında; akma gerilmeleri ise %24,5, %27, %31,5 ve %66 oranlarında azalmıştır. Şekil 6b'de, malzemelerin akma ve yoğunlaşma gerinimlerinin çekirdek oranı ile değişimleri gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere, artan çekirdek oranı akma gerinimi arttırmış ve malzeme esneklik kazanmıştır. Aynı şekilde artan çekirdek oranı ile malzemelerin yoğunlaşma gerinimleri artmıştır. Yoğunlaşma gerinimi en yüksek %40 çekirdek oranına sahip kompozit yapılarda görülmüştür.

Şekil 7a'da, deforme olmuş kompozit malzemeler gösterilmektedir. Artan çekirdek oranı ile malzemelerin yapı bütünlüğünü koruyamadığı görülmüştür. Özellikle %60 çekirdek oranına sahip kompozit malzeme, basma deneyinden sonra kütesinin yaklaşık %40'ını kaybetmiştir. Deforme olmuş numuneler incelendiğinde, çekirdek parçalarının büyük bir kısmının sıkışarak ezildiği, polyesterin ise parçacıklar şeklinde çekirdek yüzeylerinden ayrıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 7b).



Şekil 6. a) Elastiste Modülü ve Akma gerilmesinin, b) Akma ve Yoğunlaşma Geriniminin Zeytin Çekirdeği Oranı ile Değişimi



Şekil 7. a) Deforme Olmuş Kompozitler, b) Matris ile Zeytin Çekirdeği Arasındaki Ayrılma (%30)

#### 5. SONUÇ

Bu çalışmada, zeytin pirinası/polyester kompozitlerin basma yükü altındaki mekanik özellikleri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, literatürde bulunan çalışmalardan farklı olarak zeytin çekirdeği parçaları öğütülmemiş ve herhangi bir kimyasal işleme tabi tutulmamıştır. Matris malzemesi olarak cam fiber kompozit yapımında kullanılan yüksek mukavemetli polyester kullanılmıştır. Kullanılan zeytin çekirdeği oranı arttıkça, kompozit malzemelerin mekanik dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. Ancak çekirdekler polyester malzemeye esneklik kazandırmıştır. Ayrıca %40 ve %50 çekirdek oranına sahip kompozit malzemeler, maksimum gerilme noktasından sonra sabit bir gerilme değerinde ezilmişlerdir. Bu mekanik davranış, enerji sönmeme özelliği yüksek olan metal köpüklere özgüdür. Bunun gibi ümit vaat eden özelliklerinden dolayı, zeytin pirinasının çeşitli matris malzemeleri ile parçacık ya da toz halinde kullanımının araştırılması önem arz etmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya olan katkılarından dolayı Prof. Dr. Mustafa Güden'e ve Prof. Dr. Mehmet Çolakoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

#### KAYNAKÇA

1. Akgun, N. A., Doymaz, I. 2005. "Modelling of Olive Cake Thin-Layer Drying Process," Journal of Food Engineering, vol. 68, p. 455-461.
2. Öztürk, F., Yalçın, M., Dıraman, H. 2009. "Türkiye Zeytin-yağı Ekonomisine Genel Bir Bakış," Gıda Teknolojileri Elekt-

ronik Dergisi, vol. 4, p. 35-51.

3. Naghmouchi, I., Mutjé, P., Boufi, S. 2014. "Polyvinyl Chloride Composites Filled with Olive Stone Flour: Mechanical, Thermal, and Water Absorption Properties," Journal of Applied Polymer Science, vol. 131.
4. Monteiro, S., Lopes, F., Ferreira, A., Nascimento, D. 2009. "Natural-Fiber Polymer-Matrix Composites: Cheaper, Tougher, and Environmentally Friendly," JOM, vol. 61, p. 17-22.
5. Bledzki, A. K., Gassan, J. 1999. "Composites Reinforced with Cellulose Based Fibres," Progress in Polymer Science, vol. 24, p. 221-274.
6. Djidjelli, H., Benachour, D., Boukerrou, A., Zefouni, O., Martinez-Véga, J., Farenc, J., Kaci, M. 2007. "Thermal, Dielectric and Mechanical Study of Poly(vinyl Chloride)/Olive Pomace Composites," EXPRESS Polymer Letters, vol. 1, p. 846-852.
7. Mousa, A., Heinrich, G. 2010. "Thermoplastic Composites Based on Renewable Natural Resources: Unplasticized PVC/Olive Husk," International Journal of Polymeric Materials, vol. 59, p. 843-853.
8. Ihamouchen, C., Djidjelli, H., Boukerrou, A., Krim, S., Kaci, M., Martinez, J. J. 2012. "Effect of Surface Treatment on the Physicomechanical and Thermal Properties of High-Density Polyethylene/Olive Husk Flour Composites," Journal of Applied Polymer Science, vol. 123, p. 1310-1319.
9. Gharbi, A., Hassen, R. B., Boufi, S. 2014. "Composite Materials from Unsaturated Polyester Resin and Olive Nuts Residue: The Effect of Silane Treatment," Industrial Crops and Products, vol. 62, p. 491-498.