



KENEVİR İÇEREN POLİPROPİLENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ÇÖREK OTU İLAVESİNİN VE UYUMLAŞTIRICI KONSANTRASYONUNUN ETKİSİ

Duygu BALCI^{1,a}, Doğa KELEŞ^{1,b}, Münir TAŞDEMİR^{1,c}, Elif ULUTAŞ^{1,d,*}

¹Marmara Üniversitesi TF Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,

^aduygu.balci.02@gmail.com, ORCID: 0009-0002-6917-1011

^bdogakeles2001@gmail.com, ORCID: 0009-0001-2173-6979

^cmunir@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8635-7251

^delif.ulutas@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7753-8878

ÖZET

Polimerler; kolay işlenebilme, düşük maliyete sahip olma ve hafiflik gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda hayatımızda oldukça büyük bir yere sahip olan malzemelerdendir. Bu çalışmanın amacı ağırlıkça (ağ.) %20 oranında kenevir içeren polipropilenin (PP) mekanik özelliklerine çörek otu (ÇO) ilavesinin ve uyumlaştırıcı konsantrasyonunun etkisi incelemektir. Her bir grup için PP/20KNR matris içerisine ağ. %20 oranında öğütülmüş ÇO ve ara yüzey uyumunu arttırmak için sırasıyla ağ. %5, 10, 15 oranlarında maleik anhidrit aşılı PP (MAPP) maddesi eklenmiştir. Eriyik haline getirme ekstrüder ile sağlanmıştır. Polimer kompozitler granül haline getirilerek enjeksiyon makinesi ile kalıplanmıştır. ÇO ve MAPP'nin mekanik özellikler üzerindeki etkileri; çekme testi, izod darbe testi, sertlik testi ve yoğunluk testi ile incelenmiştir. ÇO, kenevir ve MAPP oranlarının matris içerisindeki dağılımı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polipropilen, mekanik özellikler, çörek otu, maleik anhidrit aşılı polipropilen, kenevir.

EFFECT OF BLACK SEED ADDITION AND COMPATIBILIZER CONCENTRATION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HEMP-CONTAINING POLYPROPYLENE

ABSTRACT

Polymers are materials that have gained significant importance in our lives in recent years due to their characteristics such as ease of processing, low cost, and lightweight. The aim of this study is to examine the effect of black cumin addition and compatibilizer concentration on the mechanical properties of polypropylene (PP) containing 20% hemp by weight. For each group, 20% ground

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

Atıf (Citation): Balci, D., Keleş, D., Taşdemir, M., Ulutaş, E., "Kenevir İçeren Polipropilenin Mekanik Özelliklerine Çörek Otu İlavesinin ve Uyumlaştırıcı Konsantrasyonunun Etkisi", UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 1-15, 2024.

Geliş (Received): 01.02.2024

Kabul (Accepted): 04.04.2024

Yayın (Published): 30.06.2024

black cumin was added to the PP/20KNR matrix, and MAPP was added at 5%, 10%, and 15% by weight levels successively to increase interfacial adhesion. The melt blending was achieved using an extruder. The polymer composites were pelletized and molded using an injection machine. The effects of black cumin and maleic anhydride grafted PP (MAPP) on the mechanical properties were investigated through tensile testing, Izod impact testing, hardness testing, and density testing. The distribution of black cumin, hemp, and MAPP in the matrix was examined using scanning electron microscopy (SEM).

Keywords: Polypropylene, mechanical properties, black cumin, maleic anhydride grafted polypropylene, hemp.

1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan polimerler, petrol ve doğal gaz gibi tükenen doğal kaynakların yaklaşık %5'inin kullanımıyla elde edilmektedir [1]. Endüstrinin gelişmesi ve artan nüfus ile birlikte tüketim, üretim ve hizmet faaliyetleri de artış göstermiştir. Hızlı sanayileşme ile birlikte azalan kaynaklar ve artan çevre dostu yaklaşımlar; sektörleri ve bilim insanlarını sürdürülebilir, işlenmesi kolay, düşük maliyetli, çevre dostu ve mekanik özellikleri yüksek olan kompozitler üretmek için araştırmalar yapmaya teşvik etmiştir [2-5]. Fosil kaynaklı malzemelerin küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi zararları ve petrol rezervlerindeki azalma ile birlikte; polimer kompozitlerde çevre dostu ve yenilenebilir doğal liflerin kullanımı yaygınlaşmıştır [1, 6-8]. Doğal lifler sentetik liflere oranla daha sürdürülebilir, matris ile daha uyumlu bir yapı oluşturan, daha az karbon dioksit salımlı ve daha yüksek mekanik özelliklere sahip malzemelerdir. Özellikle kenevir liflerinin yüksek mukavemeti ve sürdürülebilir olması, polimer kompozitlerde kullanımını mümkün kılmaktadır [9-11]. Kenevir lifi, sertliği ile cam liflerinin yapısına benzerlik gösterir. Polimer kompozitlerin mühendislik özelliklerini arttırmak için kullanılan bu takviye malzemesi ile kompozitlerde daha iyi mühendislik özellikleri elde edilir [12].

Çalışmada kullanılan Nigella Sativa olarak da bilinen ÇO, selüloz temelli bir bitki türüdür. Türkiye'de de çeşitliliği oldukça fazla olan bu bitkinin; siyah tohumları, bitkinin ince otsu dallarının tepesindeki kapsüllerinin içerisinde bulunur. Nem çekme özelliğine sahip bu tohumlar siyah kimyon veya bereket tanesi olarak da bilinir [13,14]. Çalışmada matris malzemesi olarak kullanılan polipropilen, kolay işlenebilirliği, düşük yoğunluğu, mükemmel

kimyasal dayanımı ile otomotiv sektöründen tekstil sektörüne kadar kullanımı çok yaygın polimerlerden biridir [15].

Kompozit malzemelerde matris malzemesi ile takviye malzemesi arasındaki ara yüz etkileşimini arttırmak amacı ile uyulaştırıcı malzemeler kullanılır. Uyulaştırıcı malzemeler ile kompozitlerin özellikleri iyileştirilir, kullanım ömrü uzatılır ve dış etmenlere karşı dayanımı arttırılır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; doğal lif takviyeli kompozitlerde daha iyi uyulaştırma sağlamak için MAPP kullanılmıştır [16-23]. Ulutaş ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada geri dönüştürülmüş PP içerisine ağ. %5, 10, 20, 30 oranında pirinç kabuğu ilave ederek doğal lif takviyeli kompozitler elde etmişlerdir. Yapılan çalışma kapsamında matris ve takviye elemanı arasındaki uyulaştırmayı arttırmak için her grupta ağ. %5 oranında MAPP kullanılmıştır. Mekanik incelemeler sonucunda pirinç kabuğu ilavesi ile çekme mukavemetinin, kopma mukavemetinin ve elastiklik modülünün arttığı; bunun aksine kopma uzamasının azaldığı görülmüştür. Aynı zamanda sertlik değerinin pirinç kabuğu ilavesi ile doğru orantılı bir değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir [24]. Sullins ve arkadaşları çalışmalarında kenevir lifi takviyeli PP kompozitlerin mekanik davranışlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. MAPP uyulaştırıcı maddesinin eklenmesinin ardından çekme, izod darbe, sertlik ve eğme testleri yapılmıştır. Eğme ve gerilme özelliklerinin arttığı; doğal lif takviyeli malzemelerin eklenmesi ile kompozitlerin modülünün, sertliğinin ve darbe dayanımının arttığı gözlemlenmiştir [25].

Yapılan çalışma kapsamında ağ. %20 kenevir takviyeli PP içerisine %20 oranından ÇO; ağ. %5, 10, 15 oranlarında MAPP konularak ekstrüzyon makinesinde polimer kompozitler üretilmiştir ve mekanik özelliklerin incelenmesi için test numuneleri enjeksiyon makinesinde kalıplanmıştır. ÇO ve MAPP eklenmesi ile polimer kompozitlerin çekme dayanımı, elastiklik modülü, sertlik değeri ve yoğunluğunun değişimi incelenmiştir. Aynı zamanda taramalı elektron mikroskobu kullanılarak ÇO ve kenevir lif takviyesinin partikül özellikleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Malzemeler

Yapılan çalışma kapsamında polimer kompozit üretimi için matris malzemesi olarak kullanılan $0,98 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğuna sahip PP/20KNR, Automotive Performance Materials

firmasından temin edilmiştir. Matris malzemesi olarak REFINE PF3 434A ticari kodlu PP kullanılmıştır. PP/20KNR takviyeli polimer malzemenin çekme dayanımı 2650 MPa ve MFI (190 °C/5 kg) 11,6 g/10 dk'dır. Polimer kompozitler için katkı maddesi olarak ÇO kullanılmıştır. Aynı zamanda matris ve katkı maddesi arasındaki ara yüzey yapışmasını artırmak için kullanılan Bondyram® 1001CN ticari isimli MAPP Polyram Group firmasından temin edilmiştir.

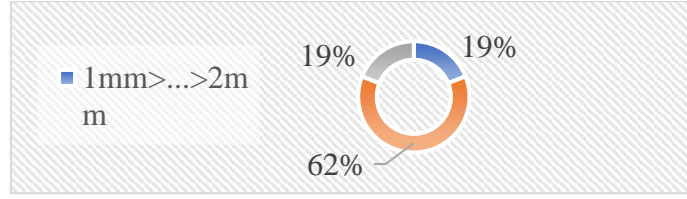
2.2. Numunelerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu

ÇO ve kenevirin polimer kompozitler üzerindeki mekanik özelliklerini incelemek için beş farklı oranda karışım hazırlanmıştır ve kullanılan bileşenlere ait karışım oranları Tablo 1' de verilmiştir.

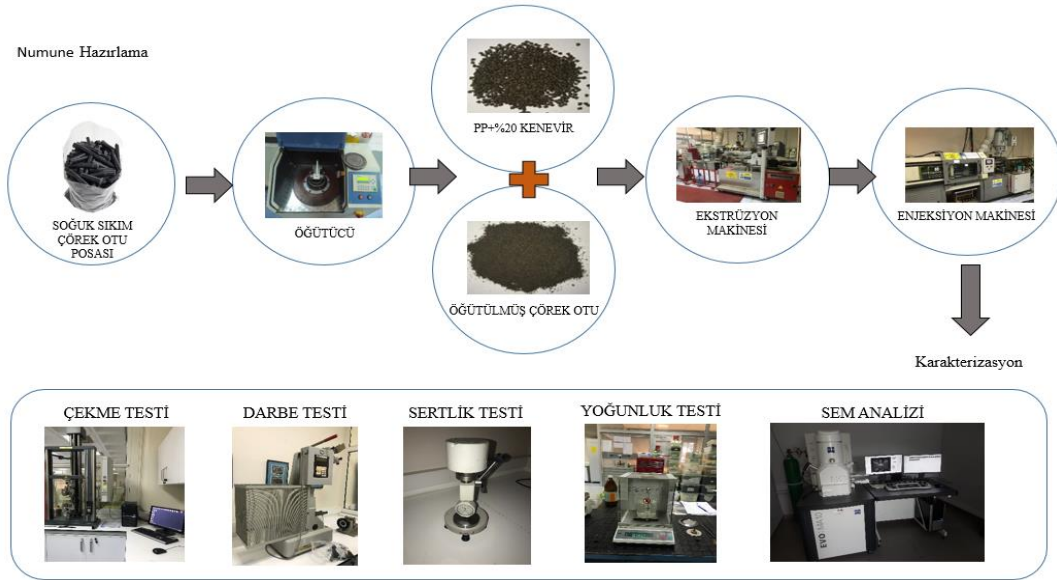
Tablo 1. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitini oluşturan bileşenlerin karışım oranları

Gruplar	PP/20KNR (% ağı.)	ÇO (% ağı.)	MAPP (% ağı.)
1	100	-	-
2	80	20	-
3	75	20	5
4	70	20	10
5	65	20	15

PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozit üretiminden önce daha ince taneler elde etmek amacıyla ÇO Siemens Simatic C7-621 cihazı ile öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Çörek otunun partikül boyut dağılımını incelemek için yapılan elek analizi sonuçları Şekil 'de verilmiştir. Öğütme işleminin ardından kompoziti oluşturan bileşenler 24 saat boyunca 105°C sıcaklıkta Yamato ADP-31 (Yamato/VWR Scientific Products, Japonya) etüvde kurutulmuştur. Ardından bileşenlerin mekanik karıştırma işlemi Patterson marka katı-sıvı karıştırıcıda 10 dk boyunca yapılmıştır. Polimer kompozit üretimi için bileşenler Mikrosan marka çift vidalı ekstrüderde 180-230 °C ve 35 dev/dk dönme hızında eriyik olarak karıştırılmıştır. Ekstrüderden çıkan lifler suda soğutma işlemine maruz bırakılmış ve kırıcı yardımıyla granül formuna getirilmiştir. Malzeme yapısındaki nemin uzaklaştırılması için numuneler, etüvde 24 saat kurutulmuştur. Polimer kompozitlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan testlere ait numuneler standartlara uygun olarak enjeksiyon makinesinde (Yonca Makine, İstanbul) kalıplanmıştır.



Şekil 1. Çörek otu partiküllerine ait elek analizi sonuçları



Şekil 2. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitinin üretim aşamaları ve kullanılan cihazlar

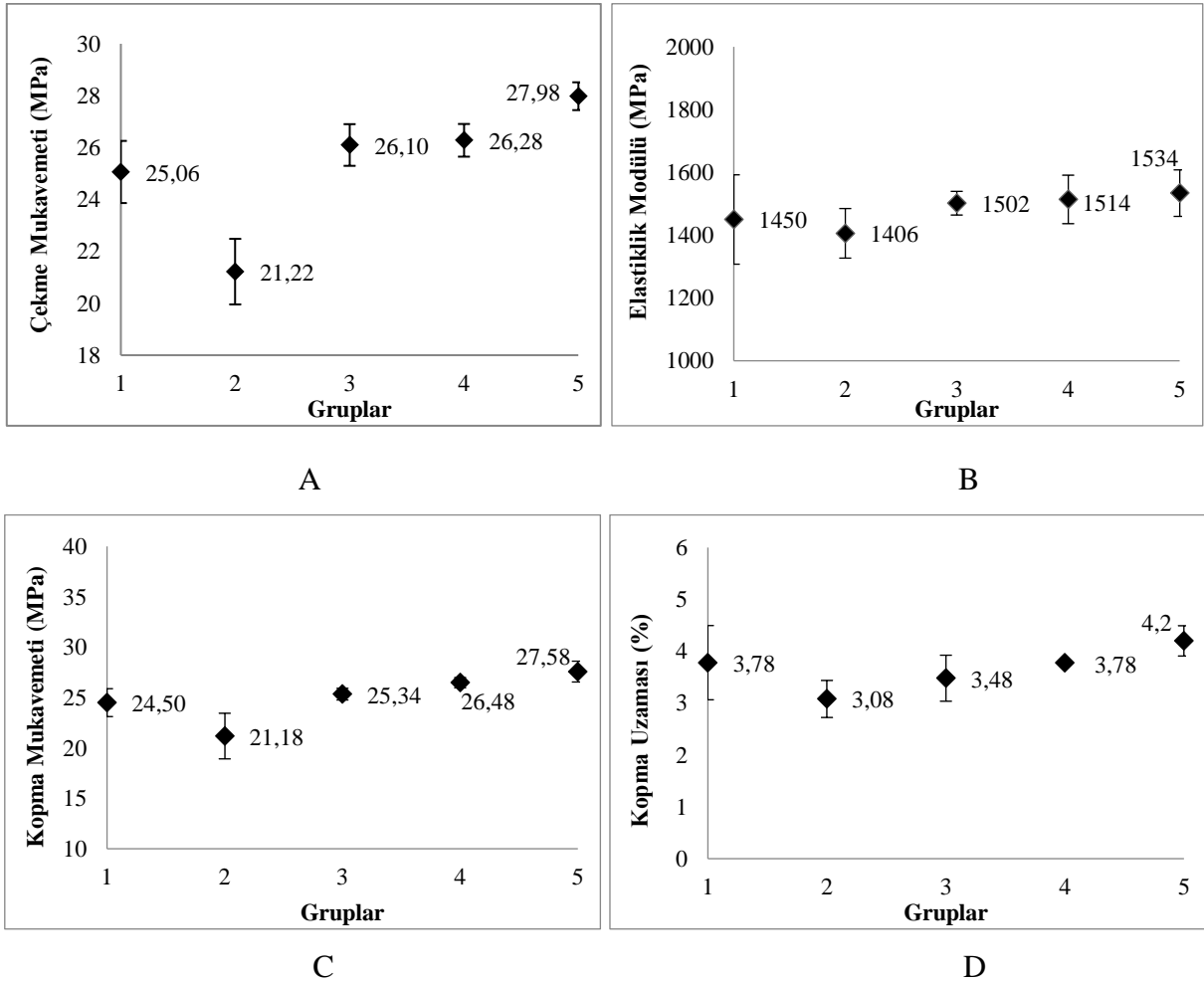
Polimer kompozitlerin elastiklik modülü, çekme dayanımı gibi özelliklerini belirlemek için Zwick Z010 marka çekme test cihazı kullanılmıştır. ASTM D 638 standardına uygun ve 50 mm/dk çekme hızında yapılan testlerde değerler 5 numunenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Numunelerin elastik bölgede kırılmaya karşı göstereceği direncini belirlemek amacıyla yapılan İzod darbe testi Zwick marka test cihazı ile ASTM D 256 standardına uygun çentikli olarak yapılmıştır. Numunelere 2 mm derinliğinde çentik CEAST marka cihaz ile açılmıştır. Ani yük altında malzemenin kırılması için gerekli enerji miktarı 5 adet numunenin ortalaması alınarak kJ/m^2 cinsinden hesaplanmıştır. Malzemenin deformasyona karşı gösterdiği direncin ölçüsü olan sertlik değerleri Zwick marka Shore D durometre kullanılarak ASTM D2240 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numunelerin yoğunluk testleri, ISO 2781 standardında ve Precisa 205A SCS marka cihaz ile 3 adet numunenin ortalaması alınarak yapılmıştır. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitlerinin darbe testi sonrası kırılmış yüzeyleri, Polaron SC7640 marka yüksek çözünürlüklü püskürtmeli kaplayıcı (İngiltere) tarafından elektriksel şarjı önlemek için 20 Å altın-paladyum karışımı kalınlığında

kaplanmıştır. Polimer kompozitlerin mikroyapı incelemesi FEI Sirion XL30 FEG marka (Hollanda) SEM cihazı ile 20 kV ivme geriliminde gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

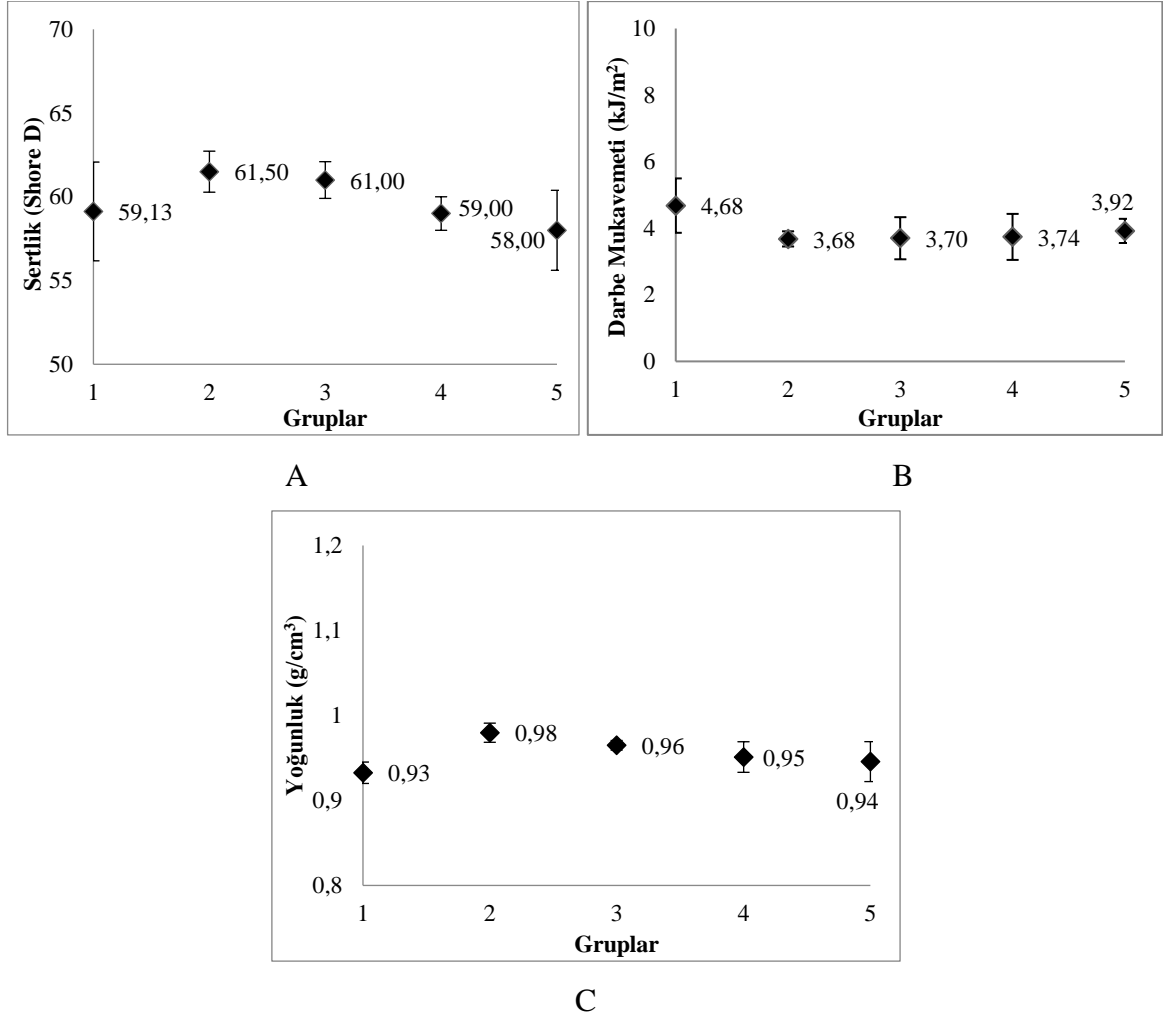
Yapılan çalışmada PP/20KNR içerisine, farklı oranda MAPP ve ağ. %20 oranında ÇO eklenerek oluşturulan polimer kompozitinin mekanik özellikleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen çekme testi ile polimer kompozitlere ait çekme mukavemetindeki, elastiklik modülündeki, kopma mukavemetindeki ve %uzamadaki değişim sırasıyla Şekil 3A, 3B, 3C ve 3D’de verilmiştir. PP/20KNR matrisine ağ. %20 ÇO eklenmesi ile oluşan 2. grup numunelerinin çekme mukavemeti değeri en düşük iken, ağ. %20 ÇO ve %15 MAPP içeren 3. grup numuneleri en yüksek değere sahiptir. Benzer şekilde Atıklar’in yapmış olduğu çalışmada; selüloz, talaş ve PP içerisine takviye olarak buğday samanı ve MAPP uyumlaştırıcı maddesi eklenmiştir. MAPP kullanımı ile çekme mukavemetindeki artış %50’ye çıkmış ve ara yüzey etkileşimleri önemli ölçüde iyileşmiştir [26]. Bengtsson ve arkadaşlarının çalışmasında; selüloz elyaf takviyeli polipropilenin içerisine ilave edilen odun lifi oranındaki artış ile mukavemetinin düştüğü; eklenen MAPP oranındaki artışla ise yükseldiği gözlemlenmiştir [27]. Elastiklik modülü değerleri uyumlaştırıcı içermeyen 2. grup numunelerinde ağ. %20 ÇO eklenmesiyle azalırken kompozitlere ilave edilen MAPP uyumlaştırıcı maddesi ile artmıştır. En düşük elastiklik modül değeri 2. grup numunesine, en yüksek elastiklik modülü değeri ise ağ. 5. grup numunesine aittir. Atıklar’in yapmış olduğu doğal lif takviyeli PP içerisine buğday samanı ve MAPP maddesinin eklendiği çalışmada da olduğu gibi MAPP artmasıyla birlikte elastiklik modülü artış göstermiştir [26]. Yalnızca ağ. %20 oranında ÇO içeren kompozitin kopma mukavemetinde azalma gözlenmiştir. MAPP uyumlaştırıcı maddesinin eklenmesi ile kopma mukavemeti artmıştır. En yüksek kopma mukavemeti değeri 5. grup numunesine aittir. Ulutaş ve arkadaşlarına ait bir çalışmada; geri dönüşümlü PP içerisine ağ. %5, 10, 20, 30 pirinç kabuğu ve her grup için ağ. %5 MAPP ile edilerek polimer kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Saf PP’ye kıyasla ağ. %5 MAPP ve %20 pirinç kabuğu eklenmesi ile kopma mukavemetinde 21,34 MPa’ya kadar düzenli bir artış gerçekleşmiştir [24]. Yapılan çalışmada, %uzama değerinde MAPP uyumlaştırıcı maddesi oranının artması ile artış gözlenirken, ÇO ilavesi ile azalma gözlenmiştir. En düşük değer 2. grup numunesine aittir. Partikül takviyeli kompozitlerin

mekanik özellikleri büyük oranda partikül boyutuna, partikül-matris ara yüzeyi yapışmasına ve partikül yüküne bağlıdır. ÇÖ partiküllerinin PP matris ile uyumsuzluğu sonucu oluşan aglomerasyon malzemede heterojenliğe sebep olur. Malzemeye yük uygulama sonrası heterojen yapının varlığı ile iç gerilmeler ve yük taşıma kapasitesinde azalma meydana gelir. Bu durum çekme mukavemetinde ve uzamada azalmaya sebep olur. Aynı zamanda kopma uzamasındaki düşüş üretim esnasında kenevir liflerinin kırılması sonucu meydana gelen süreksizlikler ile açıklanabilir [28, 29]. Uyumlaştırıcı malzeme eklenmesiyle MA fonksiyonel grubu ile mikrofiberler ve selüloz -OH grupları arasında doğrudan bağlanma gerçekleşir. Bu etkileşim, uyumlaştırıcı içermeyen numunelere kıyasla çekme özelliklerinin artmasına olanak sağlamaktadır. Başboğa ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada; PP içerisine ağ. %15, %30 ve %45 odun unu eklenmiştir. Odun unu eklenmesi ile birlikte % uzama değerlerinde yaklaşık yarısı kadar bir azalma gözlenmiştir [17].



Şekil 3. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitinin çekme testine ait sonuçlar

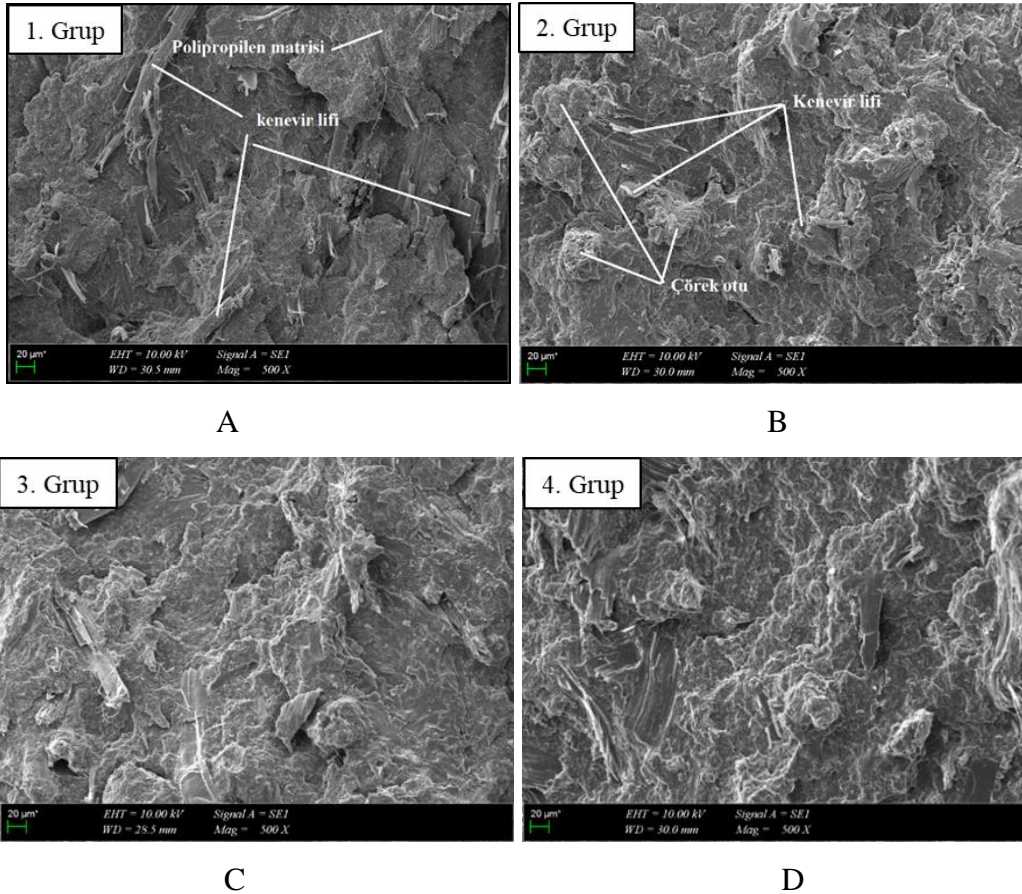
Şekil 4A'da polimer kompozitine, ÇO ve MAPP uyumlaştırıcı maddesi eklenmesi ile sertlik değerinden oluşan değişimler gösterilmiştir. Yapılan Shore D sertlik testi ile PP/20KNR matrisine ağ. %20 ÇO eklenmesi ile sertlik değeri en yüksek değere ulaşırken, MAPP uyumlaştırıcı maddesinin oranının artması ile birlikte sertliğin azaldığı incelenmiştir. Test sonuçlarında; ağ. %20 ÇO ve %15 MAPP ilave edilmiş polimer kompozit grubunun 58 Shore D değeri ile en düşük sertliğe sahip olduğu görülmüştür. Savaş ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada PP/poliamid (PA) karışımlarında kullanılan ağ. %5, 10, 20,30 kemik külü ve ağ. %0,50, 1, 1,5 MAPP etkisi incelenmiştir. Kemik külü ve MAPP oranının artmasıyla sertlik değerinin arttığı görülmüştür [30]. Kartal ve arkadaşlarına ait bir çalışmada; lif/reçine ağırlık oranı %12 olan bambu lifi-vinilester, cam lifi- vinilester, bambu+cam lifi-vinilester kompozitlerinin mekanik özellikleri incelenmiştir. Her bir kompozit grubu için, takviye elemanının eklenmesiyle sertlik değerinin arttığı görülmüştür [31]. Izod darbe testi ile ölçülen darbe mukavemeti değerleri Şekil 4B'de verilmiştir. 4,68 kJ/m² değerindeki PP/20KNR matrisine %20 ÇO eklenmesi ile; darbe mukavemeti %21 azalma göstererek 3,68 kJ/m² değerine düşmüştür. MAPP artışı ile birlikte 2.gruba oranla darbe mukavemeti artarken, 1.gruba oranla azalmıştır. ÇO ilavesiyle darbe mukavemetinde meydana gelen düşüş takviye ile matris arasındaki arayüzey bağlantısının zayıf olmasıyla açıklanabilir. Kompozite eklenen MAPP ile birlikte darbe mukavemeti artmaktadır. Fakat bu artış oranı önemli değerlerde değildir. Bununla birlikte en yüksek darbe mukavemeti değeri PP/20KNR kompozitinde elde edilmiştir. Özdemir ve Özgan'ın yapmış olduğu çalışmada, PP'ye eklenen MAPP uyumlaştırıcı maddesi ile darbe direncinde belirgin bir değişkenlik göstermemiştir [32]. Özmen ve arkadaşlarının çalışmasında; ağ. %20 MDF unu katkılı PP kompozitinin içerisine ağ. %5 oranında MAPP ilave edilerek darbe direncinde üzerinde yaklaşık %14'lük bir iyileşme gözlenmiştir [33].

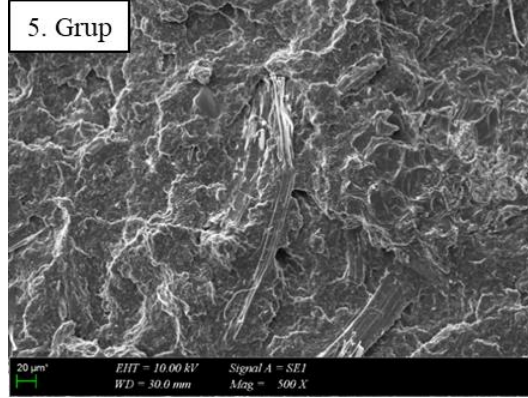


Şekil 4. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitlerine ait bazı özellikler

Şekil 4C’de verilen PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitine ait yoğunluk değerleri incelendiğinde ağ. %20 ÇO eklenmesi ile yoğunluğun arttığı görülmüştür ve 0,98 g/cm³ olarak ölçülen en yüksek yoğunluk değeri 2.grup numunelerine aittir. MAPP oranının artmasıyla birlikte yoğunluk değeri 2. gruba kıyasla azalmıştır ve en düşük yoğunluk değeri 1 grup numunesine aittir. Taşdemir ve Kaştan’ın, PP içerisine zeytin çekirdeği ve MAPP uyumlaştırıcı maddesi ekleyerek yapmış olduğu çalışmada da görüldüğü üzere matristen daha yoğun olan zeytin çekirdeği eklenmesiyle yoğunluk artışı meydana gelmiştir [34]. Ulutaş ve arkadaşlarına ait çalışmada PP içerisine pirinç kabuğu eklenmesi ile yoğunluk artmıştır. En yüksek yoğunluk ağ. %30 pirinç kabuğu ve %5 MAPP ilaveli kompozitte gözlemlenmiştir. Takviye elemanı ilavesi ile yoğunluktaki artış; PP’ye kıyasla pirinç kabuğunun yoğunluğunun daha fazla olması ile ilişkilendirmiştir [24].

Çalışmada SEM kullanılarak kompozitlerin kırık yüzeylerinden incelenen mikroyapı görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir ve SEM görüntüleri 500x büyütmede incelenmiştir. Görüntüler incelendiğinde MAPP içermeyen 1. ve 2. Grup numunelerinde kenevir liflerinin dağılımı açıkça görülmektedir. MAPP kullanıldığında diğer gruplarda lifler ve matris içerisine gömüldüğü ve uyumun arttığı gözlemlenmiştir. Polimer kompozitlerin SEM görüntüleri incelendiğinde; numune yüzeylerinde herhangi bir deformasyon, hava kabarcığı veya çatlak oluşumu gözlenmemiştir. Bu sonuç, uyumlaştırıcı kullanımı ile ÇO ve kenevir lifinin matris içerisinde iyi yapıştığını göstermektedir ve mekanik özelliklerdeki artışı açıklamaktadır. Çetin'e ait pirinç kabuğu unu takviyeli polilaktik asitin özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ağ. %4 MAPP eklenmesi liflerin dağılımının daha homojen olduğu ve arayüzey yapışmasının sağlandığı görülmüştür [35]. Özdemir ve Özgan'a ait bir çalışmada; PP içerisine yumurta kabuğu, odun unu ve %3 MAPP uyumlaştırıcı maddesi eklenerek takviye elemanlarının matris içerisindeki dağılımı incelenmiştir. MAPP eklenmesi ile matris ve takviye malzemesi arasındaki ara yüzey iyileştirilmesi sağlanmıştır ve partiküllerin homojen bir şekilde dağıldığı görülmüştür [32].





E

Şekil 5. PP/20KNR/ÇO/MAPP polimer kompozitinin SEM görüntüleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Polimerik malzemelerin hazırlanmasında kullanılacak alana göre yüksek mekanik özelliklere sahip üretim yapılması en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle mekanik özelliklerin karakterizasyonu, malzemelerin değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada ağ. %20 oranında kenevir içeren PP'nin mekanik özelliklerine çörek otu ilavesinin ve uyumlaştırıcı konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Mekanik özelliklerin değerlendirilmesinde kompozitlerin çekme mukavemeti, kopma uzaması, kopma mukavemeti, elastiklik modülü, darbe mukavemeti, sertlik değerleri ve bunun yanı sıra yoğunluk özellikleri ve mikroyapı incelemesi dikkate alınmıştır. PP ile karşılaştırıldığında çörek otunun nispeten daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu görülmektedir ve ÇO ilavesiyle kompozitlerin yoğunluğunu artırmıştır. Yoğunluk ile doğru orantılı olarak; ÇO ilavesi kompozitlerin sertliğini artırmıştır, fakat MAPP konsantrasyonundaki artış sertliğin düşmesine sebep olmuştur.

Mekanik değerler incelendiğinde; çekme testi değerleri ile takviye oranı ters orantılıdır. Kompozitlerde bir arayüzey uyumlaştırıcı maddesi kullanımı takviye-matris arasındaki yapışmayı artırır ve bunun sonucunda mukavemeti de artırması beklenir. MAPP oranındaki artış ile arayüz kalitesinin artması, daha iyi bir yük dağılımına ve dinamik yükün zayıf matristen, yüksek mukavemetli liflere daha verimli bir şekilde aktarılmasına yol açar. Bunun sonucunda çekme özellikler artış gösterir. Sürdürülebilir bir takviye elemanı olarak ÇO parçacıklarının PP bazlı kompozitlerde kullanımı hafif ve yüksek mukavemetli malzemenin talep edildiği üretim sektörlerine alternatiftir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Desteği Programı kapsamında 1919B012310333 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Benek Hamamcı, "Yeşil kompozitlerde biyopolimerlerin kullanımının önemi", Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi 8(1), 12-24, 2018
- [2] Dilara Demirbek ve Meliha Oktav Bulut, "Kenevir Liflerinin Eldesi, Özellikleri ve Kompozit Uygulama Alanları", Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences, 4(2), 176-191, 2021.
- [3] Ahmet Güngör, "The effect of Cumin Black (Nigella Sativa L.) as bio-based filler on chemical, rheological and mechanical properties of epdm composites", Turkish Journal of Engineering 7(4), 279-285, 2023.
- [4] Kadir Karakuş, "Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi", Diss, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2008.
- [5] Zhan Guo, et al. "Test on residual ultimate strength of pultruded concrete-filled GFRP tubular short columns after lateral impact", Composite Structures 260, 113520, 2021.
- [6] Rachid Hsissou, et al. "Polymer composite materials: A comprehensive review", Composite structures 262, 113640, 2021.
- [7] Elif Ulutaş, "Geri Dönüşümlü Polipropilen/Çeltik Polimer Kompozitinin Mekanik, Termal ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi," Marmara Üniversitesi (Turkey), 2019.
- [8] Afife Binnaz Hazar Yoruç ve Volkan Uğraşkan, "Yeşil Polimerler ve Uygulamaları", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 17(1), 318-337, 2017.
- [9] Anıl Yılmaz, "Kenevir fiber katkılı biyokompozit malzeme geliştirilmesi," Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
- [10] Selçuk Akbaş, Türker Güleç, Mürşit Tufan, Cihat Taşcıoğlu ve Hüseyin Peker, "Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi ", 2013.

- [11] Süleyman Köytepe, Büşra Aksoy ve Turgay Seçkin, "Doğal Selüloz Lifleri Kullanılarak Biyobozunur Nanokompozitlerin Hazırlanması ve Termal Özelliklerinin Belirlenmesi", 2010.
- [12] Dasong Dai, ve Mizi Fan, "Characteristic and performance of elementary hemp fibre", *Materials Sciences and Applications* 1.06, 336, 2010.
- [13] Zeinab Solati, Badlishah Sham Baharin, ve Hossein Bagheri, "Antioxidant property, thymoquinone content and chemical characteristics of different extracts from *Nigella sativa* L. seeds", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91, 295-300, 2014.
- [14] Elif Bacak Güllü ve Gülcan Avcı, "Timokinon: *Nigella Sativa*'nm Biyoaktif Komponenti", 2013.
- [15] Merve Açıkgenç, Ufuk Arazsu, ve Kürşat Esat Alyamaç. "Farkli karışım oranlarına sahip polipropilen lifli betonların dayanım ve durabilite özellikleri." *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 4(3), 41-54, 2012.
- [16] Krishna Prasad Rajan, Selvin P Thomas, Aravinthan Gopanna, Ahmed Al-Ghamdi, Murthy Chavali, "Rheology, mechanical properties and thermal degradation kinetics of polypropylene (PP) and polylactic acid (PLA) blends", *Materials Research Express*, 5(8), 085304, 2018.
- [17] İbrahim Halil Başboğa, İbrahim Kılıç, İlkey Atar, Fatih Mengenoğlu, "Tropik ağaç türü olan dahoma (*Piptadeniastrum africanum*) odununun odun plastik kompozit üretiminde kullanımı", *Ormancılık Araştırma Dergisi* 9.Özel Sayı, 271-280, 2022.
- [18] Şule Seda Yılmaz, "Maleik anhidrit aşılansmış polipropilen uyumlulaştırıcı ile organokil-polipropilen nanokompozitlerinin hazırlanması ve karakterizasyonu", Yüksek Lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2011.
- [19] Marie Le Baillif, and Kristiina Oksman, "The effect of processing on fiber dispersion, fiber length, and thermal degradation of bleached sulfite cellulose fiber polypropylene composites", *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 22(2), 115-133, 2009.
- [20] Ertuğrul Altuntaş, Tufan Salan, Ferhat Özdemir, İsa Küçük, Mustafa Çiçekler, Abdullah Kürşat Arıkan, "Evaluation of Perlite and Lignocellulosic Wastes in Wood Plastic Composite Production", 2017.
- [21] Smita Mohanty, Sanjeev Nayak, Sushanta Tripathi, "Effect of MAPP as coupling agent on the performance of sisal-PP composites. *Journal of reinforced plastics and composites*", 23(18), 2047-2063, 2004.
- [22] Ertuğrul Altuntaş, Halime Acar, Alma Mehmet, Eyyüp Karaoğul, "Kt Polipropilen (PP) ve Atık Pirinç Saplarından Üretilen Kompozitlerin Bazı Mekanik ve Fiziksel

Özelliklerinin Belirlenmesi", Kahramanmaraş, Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Avşar Yerleşkesi, 46100, Kahramanmaraş.

- [23] Joung-Man Park, Son Tran Quang, Byung-Sun Hwang, Lawrence Devries, "Interfacial evaluation of modified Jute and Hemp fibers/polypropylene (PP)-maleic anhydride polypropylene copolymers (PP-MAPP) composites using micromechanical technique and nondestructive acoustic emission", *Composites Science and Technology* 66(15), 2686-2699, 2006.
- [24] Elif Ulutaş, Münir Taşdemir, ve Emine Koçak, "Geri dönüşümlü polipropilen/pirinç kabuğu polimer kompozitinin mekanik özelliklerinin incelenmesi".
- [25] Theresa Sullins, Selvam Pillay, Alatair Komus, Haibin Ning, "Hemp fiber reinforced polypropylene composites: The effects of material treatments. *Composites Part B: Engineering*", 114, 15-22, 2017.
- [26] Ulaş Atıklar, "Preparation and characterization of polypropylene-cellulose composites, *Izmir Institute of Technology*", Turkey, 2004.
- [27] Magnus Bengtsson, Marie Le Baillif, Kristiina Oksman, "Extrusion and mechanical properties of highly filled cellulose fibre-polypropylene composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*", 38(8), 1922-1931, 2007.
- [28] Mateusz Barczewski, Kamila Sałasińska, Joanna Szulc, "Application of sunflower husk, hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fillers for epoxy-based composites: A study into mechanical behavior related to structural and rheological properties", *Polymer Testing*, 75, 1-11, 2019. doi:10.1016/j.polymertesting.2019.01.017
- [29] Asya Nur Sunmaz, Ulaş Doğan, Alaeddin Burak İrez, "Ayçiçeği kabuğu takviyeli biyo-epoksi matrisli çevreci ve maliyet etkin kompozitlerin geliştirilmesi ve mekanik karakterizasyonu", *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 35(4), 494-503, 2023. doi:10.7240/jeps.1359961
- [30] Lemiye Atabek Savaş, Yusuf Uzunoğlu, Soner Savaş, "Kemik Külü ve Uyumlaştırıcının PP/PA6 Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi", *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 6(1), 118-128, 2022.
- [31] İlyas Kartal, Gülşah Nalcı, Halil Demirer, "Cam ve bambu lifleriyle takviyelendirilmiş vinilester kompozitlerinin mekanik özelliklerinin incelenmesi", *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(1), 34-37, 2019.

- [32] Ali Osman Özğan, Ferhat Özdemir, "Yumurta Kabuğunun Odun Plastik Kompoziti Üzerinde Kullanımı", Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(4), 308-318, 2021.
- [33] Nilgün Özmen, Nihat Sami Çetin, Nasır Narlıoğlu, Vedat Çavuş, Ertuğrul Altuntaş, "MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi", SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 15, 65-71, 2014.
- [34] Münir Taşdemir, Alim Kaştan, "Zeytin çekirdeği tozu ilave edilmiş polipropilen kompozitinin mekanik özellikleri", Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 36-49, 2022.
- [35] Baran Çetin. Doğal lif ile güçlendirilmiş polilaktik asit/polipropilen kompozitlerin mekanik ve termal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Teknik Üniversitesi, 2019.