

Muz Kabuğu Atıklarının Polimer Kompozitlerin Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 10.10.2024

Kabul/Accepted: 13.12.2024

Yayımlandı/Published: 10.06.2025

Evaluation of the Effect of Banana Peel Waste on the Performance of Polymer Composites

Hasan POLAT* 

Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bingöl, Türkiye



© 2025 The Author | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada tarımsal atık dolgu malzemesinin ve farklı oranlarının polimer kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelendi. Üretilen polimer kompozit numunelerde dolgu malzemesi olarak atık muz kabuğu tozu (MK), matris olarak alev almayan döküm tipi doymamış polyester reçine kullanıldı. Polimer kompozit numunelerin üretiminde %0, %25, %50, %75 ve %100 olmak üzere kontrol grubu (%0) dahil toplamda 5 farklı polimer kompozit numune grubu oluşturuldu. Polimer kompozit numunelerin görünür yoğunluk, su emme, porozite, basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve UL94 dikey yanma testi özellikleri test edildi. Deneysel sonuçlar incelendiğinde görünür yoğunluk, ultrases geçiş hızı değerlerinde azalma elde edilirken, su emme ve porozite değerlerinde artış görüldü. Ayrıca basınç dayanımı değerlerinde azalma meydana gelirken, tüm numune gruplarının UL94 dikey yanma testinde V₀ özellikleri taşıdığı belirlendi. Bu çalışma atık muz kabuklarının polimer kompozitler için potansiyel olarak düşük maliyetli bir dolgu malzemesi olduğunu ve orta mukavemetli ancak hafif malzemeler gerektiren alanlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık muz kabuğu; Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler; Polimer kompozitler

Abstract

In this study, the effects of agricultural waste filler material and its different ratios on the physical and mechanical properties of polymer composite materials were examined. In the produced polymer composite samples, waste banana peel powder (BP) was used as the filler material, and a flame-retardant casting-type unsaturated polyester resin was used as the matrix. A total of five different polymer composite sample groups, including the control group (0%), were produced for the fabrication of polymer composite samples at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% replacement ratios. The apparent density, water absorption, porosity, compressive strength, ultrasonic pulse velocity, and UL94 vertical burning test properties of the polymer composite samples were tested. When the experimental results were examined, a decrease in apparent density and ultrasonic pulse velocity values was observed, while an increase in water absorption and porosity values was noted. Additionally, while a decrease in compressive strength values was observed, it was determined that all sample groups exhibited V₀ characteristics in the UL94 vertical burning test. This study has demonstrated that waste banana peels are a potentially low-cost filler material for polymer composites and can be used in applications requiring medium-strength yet lightweight materials.

Keywords: Waste banana peel; Physical properties, Mechanical Properties, polymer composite

1. Giriş

Dünya nüfusunun her geçen yıl artması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ihtiyaçlar, doğal kaynakların kullanımını hızlandırmış ve bu durum, kaynakların hızla tükenmesine neden olmuştur. Doğal kaynakların azalması ve çevresel kaygılar gibi faktörler, son yıllarda birçok endüstrinin sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir ürünlerin üretimini öncelikli bir hedef olarak belirlemesine yol açmıştır. Son 15 yıl içerisinde, artan çevresel farkındalığın yanı sıra bu malzemelerin özgün özellikleri ve geri dönüştürülebilirlik potansiyeli nedeniyle, kompozit malzeme üretiminde alternatif dolgu malzemesi olarak tarımsal atıkların kullanımına yönelik araştırmalara olan ilgi önemli ölçüde artmıştır (Taurino et

al, 2023). Bu malzemeler, kompozit sektörü literatüründe "yeşil kompozitler" olarak adlandırılmaktadır. Yeşil kompozitler, bileşenlerinden en az birinin doğal kaynaklardan elde edildiği özel bir kompozit malzeme sınıfını ifade etmektedir (Kartal vd., 2019).

Yapılan literatür taramasında, çeşitli tarımsal atıkların polimer kompozitlerde kullanımına yönelik çok sayıda araştırmanın, kompozit malzemelerin özelliklerini iyileştirme ve çevresel koruma hedefi doğrultusunda gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Örneğin, bir çalışmada, araştırmacılar bağlayıcı olarak doymamış polyester reçine ve farklı oranlarda (%25, %30, %35, %40 ve %45) ketencik atığı kullanarak polimer kompozitler üretmişlerdir. Çalışmada, ketencik oranının artmasıyla mekanik

özelliklerin azaldığı, ancak en iyi ısı iletkenlik değerinin %45 ketencik oranında elde edildiği rapor edilmiştir (Kolak et al, 2023). Eysel çay atığı ve fındık kabuğu kullanılarak %0-20 dolgu oranlarında polimer kompozit numunelerin üretildiği bir başka çalışmada, araştırmacılar, çay atığı ve fındık kabuğu oranının artmasıyla mekanik özelliklerin iyileştiğini, buna karşılık yoğunluğun azaldığını bildirmişlerdir (Öztürk vd., 2015). Farklı bir çalışmada, araştırmacılar şeftali kabuğu tozu kullanılarak üretilen polimer kompozitlerde gerilme ve eğilme dayanımı değerlerinin azaldığını, ancak sertlik özelliklerinin olumsuz etkilenmediğini rapor etmişlerdir (Topuz ve Orhan, 2022). Polimer kompozit üretiminde dolgu malzemesi olarak çam kozalağı tozunun kullanıldığı bir çalışmada, araştırmacılar, artan dolgu miktarına (çam kozalağı) bağlı olarak elastik modülde bir artış gözlemlerken, eğilme dayanımında ise azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir (Borazan et al, 2017). Farklı bir çalışmada, araştırmacılar %50 muz kabuğu ve %50 pirinç kabuğundan oluşan karışımı kullanarak ürettikleri polimer kompozitlerde, yoğunluk, sertlik ve elastik modülde artış gözlemediklerini bildirmişlerdir (Ulutaş ve Taşdemir, 2024). Farklı bir çalışmada, araştırmacılar polimer lifleri (geri dönüştürülmüş PET şişeler ve polikarbonat lifleri), muz ve cam liflerine dayalı kompozitlerin makro yapısını incelemişlerdir. Araştırmacılar, tarımsal atıkların polimer ile birleştirilerek çevre kirliliğinin önlenmesine katkı sağlayabileceğini öne sürmüşlerdir (Yıldız ve Çetinkaya, 2012). Yukarıda gerçekleştirilen literatür incelemesinden anlaşılacağı üzere, çevresel sorunlar ve kaynak kıtlığı konusundaki artan farkındalık, polimer kompozit malzemelerin çeşitli uygulamalarda kullanımına yönelik çalışmaları artırmıştır. Bu malzemelerden biri de önemli bir potansiyele sahip olan muz kabuğudur. Muz, dünyadaki en önemli tarım ürünlerinden biridir ve 2019 yılında küresel muz üretimi 116 milyon tondan fazla olmuştur (Mohamed et al, 2023).

Türkiye’de 2022 yılı üretim verilerine göre, toplamda 997.244 ton muz üretilmiştir (Avşar ve Çelik, 2023). Yaklaşık olarak 10 ton muz için bir ton atık üretilmektedir (Ferrante et al, 2020). Muz kabuğu, bol miktarda bulunan, biyolojik olarak parçalanabilir, düşük maliyetli, aşındırıcı olmayan, yenilenebilir ve çevre dostu bir malzeme olup, düşük yoğunluğa sahiptir. Bu özellikler, muz kabuğunun özellikle inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasını sağlar (Boopalan et al, 2013). Ayrıca, fiziksel ve kimyasal olarak katma değerli ürünlere dönüştürülebilir (Rubiaceae et al, 2015).

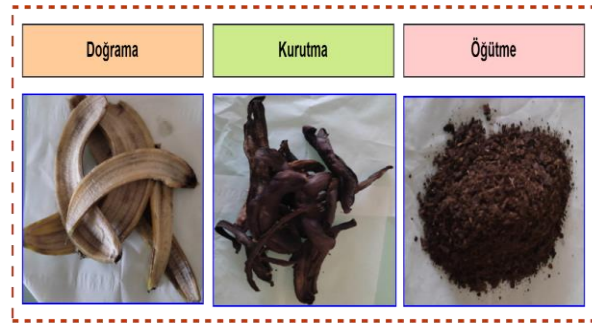
Bu çalışma, atık muz kabuğunun polimer kompozitlerde dolgu malzemesi olarak kullanımının faydalarını ve sınırlamalarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Belirlenen hedefler doğrultusunda, beş farklı oranda (%0, %25, %50, %75 ve %100) atık muz kabuğu tozu dolgu polimer kompozit numuneleri üretilmiştir. Üretilen polimer kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Muz kabuğu atıklarının biyokompozit üretiminde kullanılması, muz kabuklarına alternatif bir kullanım alanı sağlamanın yanı sıra, ekonomik bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

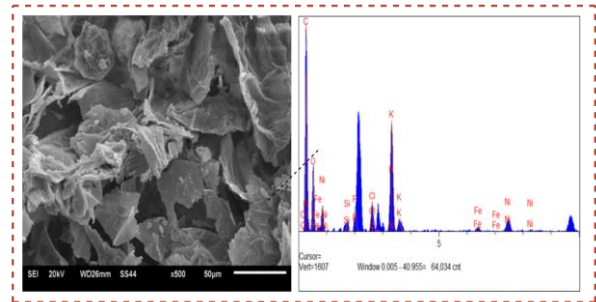
2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Yapılan çalışmada, piyasadan temin edilen atık muz kabuklarından elde edilen muz kabuğu tozu kullanılmıştır. Atık muz kabuğu tozunun elde edilme aşamaları Şekil 1’de sunulmuştur. Ayrıca, çalışmada kontrol numunesi üretiminde dolgu malzemesi olarak, TS EN 196-1 (2016) standardına uygun Standart CEN kumu kullanılmıştır.



Şekil 1. MK’un elde edilme aşamaları



Şekil 2. MK’na ait SEM (x500) ve EDX görüntüleri

Temel dolgu malzemesi olarak kullanılan atık muz kabuğu tozuna ait taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 2’de sunulmuştur. SEM görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen EDX analizinde, C, O, Si, P, Cl, K, Fe ve Ni elementlerinin dağılımı sırasıyla %58,28, %24,25, %3,08, %2,24, %1,40, %3,14, %1,02 ve %6,11 olarak tespit edilmiştir. Diğer elementlerin oranları ise yaklaşık olarak %1’in altında kalmıştır.

Çalışmada, matris malzeme olarak yoğunluğu 1,43 g/cm³ olan alev geciktirici doymamış polyester (AGP) reçinesi tercih edilmiştir. Ayrıca, reçine ve monomerin sertleşme sürecini başlatmak amacıyla, AGP’nin %1 oranında metil

etil keton peroksit (MEKP) sertleştirici olarak kullanılmış, reaksiyonun hızlandırılması için ise %0,2 oranında kobalt oktoat ilave edilmiştir.

2.2. Muz kabuk katkılı kompozit üretimi

Çalışmada, birinci aşama olan polimer matrisinin elde edilmesinde, uygun miktarda AGP karıştırıcıya alınarak 90 saniye süreyle karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra, polimerizasyon reaksiyonunun tamamlanabilmesi için %1 oranında MEKP ve reaksiyon hızlandırıcı olarak %0,2 oranında kobalt eklenmiş ve toplamda 180 saniye süreyle karıştırılarak polimer matrisi elde edilmiştir.

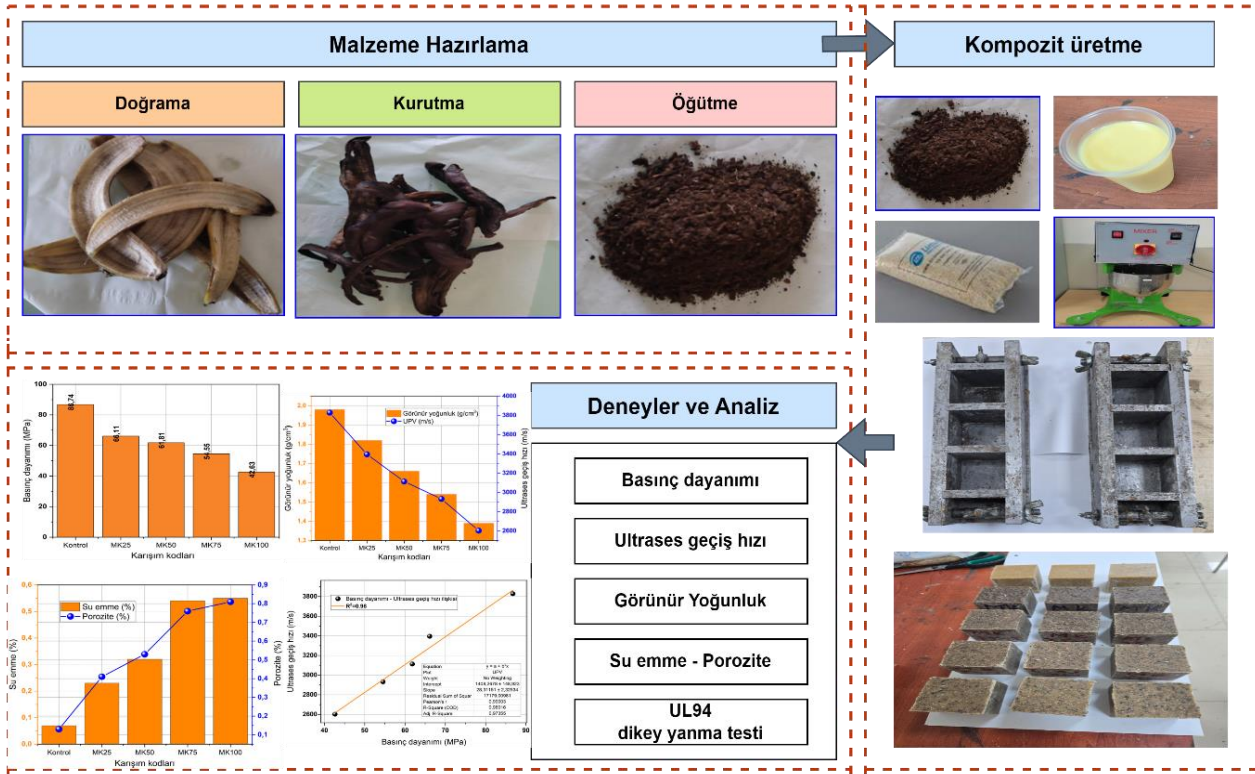
İkinci aşamada, kontrol numunesi üretilmiştir. Kontrol numunesi üretiminde, hacimce %50 AGP ve %50 oranında standart CEN kumu kullanılarak, numune gruplarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin faz malzemenin etkisinden en az düzeyde etkileneceği sağlanmıştır. Diğer numune gruplarının üretiminde, CEN kumu ile MK (muz

kabuğu tozu) %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yer değiştirilerek üretilmiştir. Kontrol numunesi dahil olmak üzere toplamda beş grup polimer kompozit numune grubu üretilmiştir. Numune gruplarının üretim aşamaları ve yapılan testler Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 1'de, üretilen numune gruplarının karışım oranları sunulmuştur. Numune gruplarının daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla kodlama yapılmıştır. Örneğin, MK50 kodlu numunede, atık muz kabuğu tozunun CEN kumu ile %50 oranında yer değiştirdiğini ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen kompozit numune gruplarına ait görünür yoğunluk, su emme, porozite, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve UL94 dikey yanma performansları test edildi. Polimer kompozitlerin test sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur ve ayrıca bu sonuçlar ilgili alt başlıklar altında ayrıntılı şekilde tartışılmıştır.



Şekil 3. Numune gruplarının üretim aşamaları ve yapılan testler

Çizelge 1. Numune gruplarının karışım oranları (%)

Kod	AGP (%)	CEN kumu (%)	MK (%)
MK0	50	50	-
MK 25	50	37,5	12,5
MK 50	50	25	25
MT 75	50	12,5	37,5
MK100	50	-	50

Çizelge 2. Polimer kompozit numunelerin test sonuçları

Karışım Kodu	Görünür Yoğunluk (g/cm ³)	Su Emme (%)	Porozite (%)	Ultrases Geçiş Hızı (m/s)	Basınç Dayanımı (MPa)
MK0	1,98	0,07	0,13	3828	86,74
MK 25	1,67	0,10	0,17	3475	86,09
MK 50	1,61	0,11	0,18	3358	84,85
MK 75	1,53	0,13	0,20	3213	79,64
MK100	1,52	0,55	0,83	3179	77,6

3.1. Görünür yoğunluk ve ultrases geçiş hızı değerleri

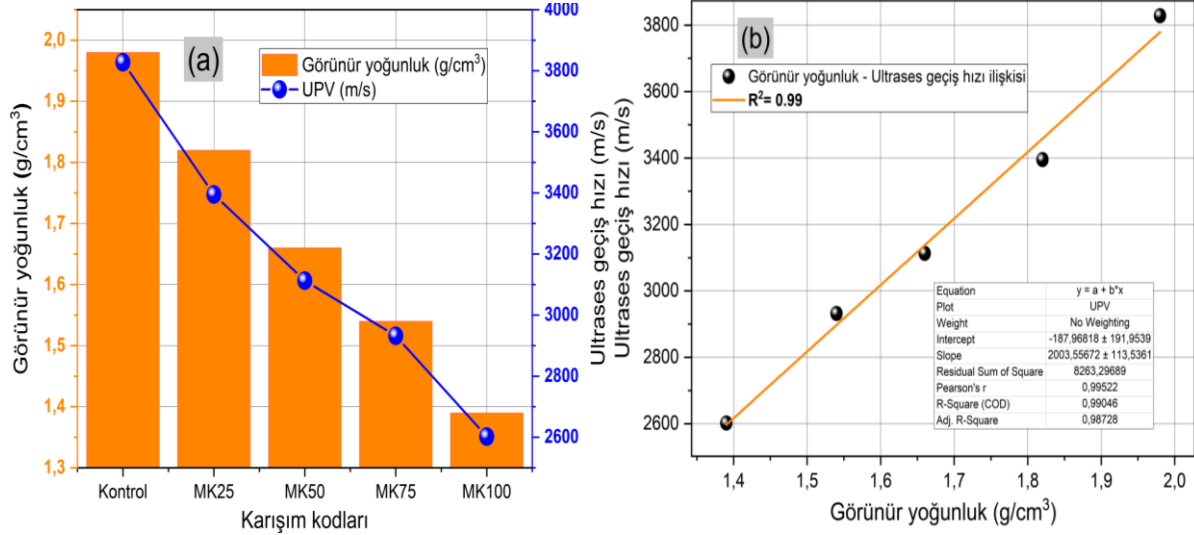
Görünür yoğunluk, su emme ve porozite deneyleri TS EN 1170-6'ya göre Arşimet terazisi kullanılarak elde edilen veriler yardımıyla aşağıda yer alan Denklem (1), (2) ve (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Görünür yoğunluk: } M_0 / (M_0 - M_1) \quad (1)$$

$$\text{Su emme: } (M_2 - M_0) / M_0 * 100 \quad (2)$$

$$\text{Porozite: } (M_2 - M_0) / (M_2 - M_1) * 100 \quad (3)$$

Burada, M_0 : numunenin etüv kurusu kütlesi, M_1 : numunenin sudaki kütlesi M_2 : numunenin doymun kuru yüzey kütlesidir. Ultrases geçiş hızı testi, ASTM C597-16 (2016) standardına göre yapılmıştır. Elde edilen görünür yoğunluk ve ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 4a'da sunulmuştur.



Şekil 4. a) Görünür yoğunluk ve ultrases geçiş hızı değerleri b) ultrases geçiş hızı ve görünür yoğunluk ilişkisi

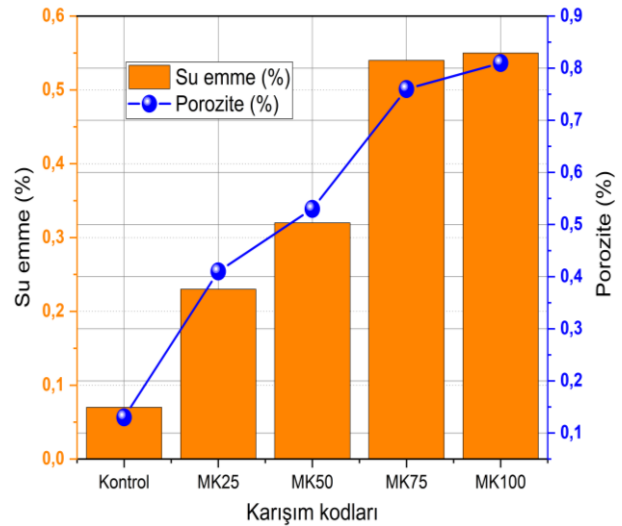
Görünür yoğunluk değerleri incelendiğinde, MK oranının artmasıyla görünür yoğunluk değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Polimer kompozitlerin görünür yoğunluğu, kontrol numunesinde 1,98 g/cm³ iken, MK100 kodlu numunede 1,39 g/cm³'e düşmüştür.

Ayrıca, tüm numunelerde görünür yoğunluk değerleri, kontrol numunesine göre sırasıyla %8,08, %16,16, %22,22 ve %29,80 oranında azalma göstermiştir. Bu sonuçlar, polyester bağlayıcı ile üretilen kompozitlerde dolgu maddesi miktarı arttıkça görünür yoğunluğun azaldığını gösteren önceki çalışmalarla uyumludur (Kolak et al. 2023; Beskopylny et al. 2023). Şekil 4a incelendiğinde, artan MK oranına bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum, polimer miktarının sabit tutulması nedeniyle artan MK oranıyla boşluk miktarının arttığını göstermektedir. Ultrases geçiş hızı değerleri, bu durumu desteklemektedir. Kontrol numunesinde ultrases geçiş hızı değeri 3828 m/s iken, MK katkılı numunelerde sırasıyla 3395 m/s, 3113 m/s, 2912 m/s ve 2602 m/s olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, düşük görünür yoğunluğa sahip kompozitlerde ultrases geçiş hızı değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde, bu duruma benzer sonuçlar bildirilmiştir (Polat vd., 2020; Polat vd., 2023; Kolak vd., 2021). Ayrıca, ultrases geçiş hızı ve görünür yoğunluk arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi ($R^2 = 0,99$) belirlenmiştir (Şekil 4b).

3.2. Su emme ve Porozite

Üretilen numune gruplarının su emme ve porozite değerleri, sırasıyla Denklem (1) ve (2) kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler, Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Su emme ve porozite değerleri

Şekil 5'te sunulan su emme değerleri incelendiğinde, MK oranı arttıkça su emme oranının da arttığı gözlemlenmiştir. MK katkılı kompozit numunelerde, su emme oranı MK25 kodlu numunede %0,23 iken, MK100 kodlu numunede %0,55'e yükselmiştir.

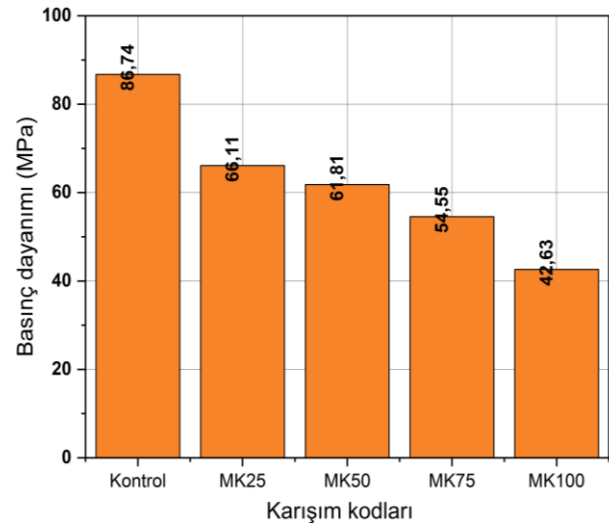
Bu durum, MK'nin yüksek su emme değerinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Tarımsal atıkların su emme etkisine ilişkin önceki çalışmalarla tutarlıdır. (Akbaş vd, 2013; Mo et al, 2020; Naguib et al, 2015; Barczewski et al, 2018; Boopalan et al, 2013).

Polimer kompozit numunelerinin porozite değerleri (Şekil 5) incelendiğinde, artan MK oranına bağlı olarak porozite değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. MK0 kodlu kontrol numunesinin porozite değeri %0,13 iken, MK100 kodlu numunenin porozite değeri %0,81'e yükselmiştir. Sonuç olarak, su emme değeri yüksek olan numunelerde porozite değerinin de daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

3.3. Basınç dayanımı

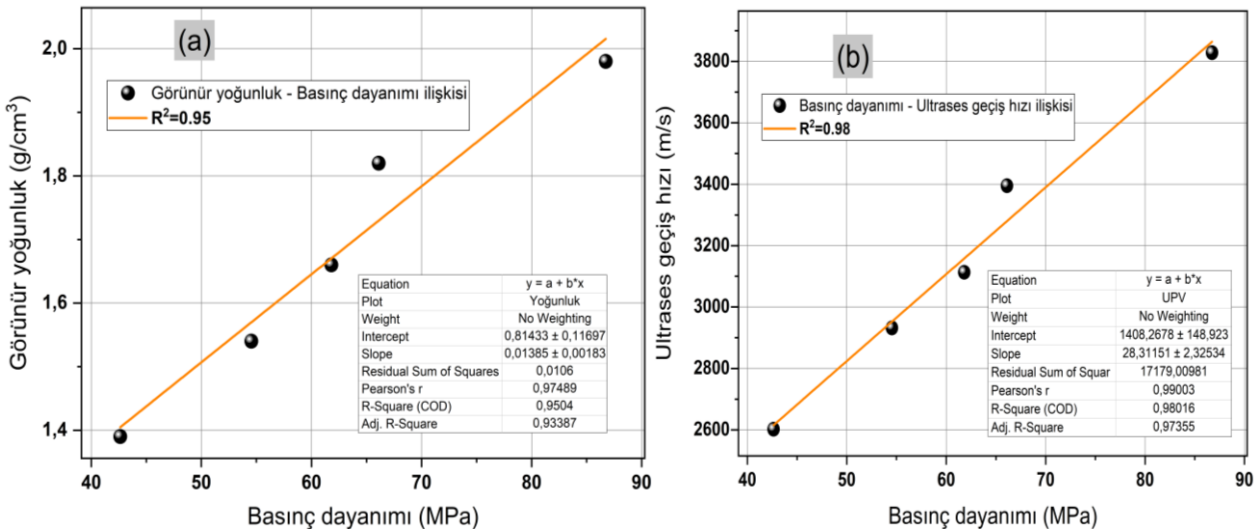
Basınç dayanımı testi, TS EN 12390-3 (2019) standardına göre yapılmıştır. Basınç dayanımı testi sonucunda elde edilen basınç dayanımı değerleri, Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'da sunulan basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, MK oranının artmasıyla basınç dayanımı değerlerinde bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, MK oranının artmasıyla polimer kompozit numuneleri içindeki boşluk miktarının da arttığının bir sonucudur. Basınç dayanımı, kontrol numunesinde 86,76

MPa'dan, MK50 kodlu numunede 61,81 MPa'ya, MK100 kodlu numunede ise 42,63 MPa'ya düşmüştür.



Şekil 6. Basınç dayanımı değerleri

Şekil 7a'da görüleceği gibi, görünür yoğunluğun azalmasıyla benzer şekilde basınç dayanımı değerlerinde de bir azalma gözlemlenmiştir. Önceki çalışmalarda, tarımsal atık malzemelerin kullanım oranı arttıkça basınç dayanımlarının da azaldığı bildirilmiştir (Sutivisedsak vd. 2012; Satapathy vd. 2018; Balaji vd. 2016; Barczewski vd. 2019).



Şekil 7. a) Basınç dayanımı görünür yoğunluk ilişkisi b) Basınç dayanımı ultrases geçiş hızı ilişkisi

Basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki ilişki, Şekil 7b'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Korelasyon katsayısı R^2 'nin 1'e yakın olması, ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir. Basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasında (Şekil 7a) $R^2 = 0,98$, basınç dayanımı ile görünür yoğunluk arasında ise (Şekil 7b) $R^2 = 0,95$ gibi yüksek korelasyon ilişkileri belirlenmiştir.

3.4. UL94 Dikey Yanma Testi

UL94 dikey yanma testi, TS EN 60695-11-10 (2014) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelere dikey yanma testi sırasında 10+10 saniye süreyle alev uygulanmıştır. Test sonucunda, kısmi tutuşma gözlemlenmesine rağmen, tüm numunelerde alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra kendiliğinden sönme süresi 8 saniyenin altında kalmıştır.

Bu durum, polimer kompozit numunelerin üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan alev geciktirici polyesterde bulunan Alüminyum Hidroksit ($Al(OH)_3$) bileşiğinin, numune yüzeyinde kömürleşme tabakası oluşturarak tutuşmayı önlemesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

Benzer değerlendirmeler, önceki literatür çalışmalarında da ifade edilmiştir (Kaya, 1998; Isitman ve Kaynak, 2012).

Polimer kompozit numunelerin UL94 dikey yanma testi sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 3'teki veriler

incelendiğinde, üretilen numunelerin V0 sınıfı özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Aydoğan ve Usta (2015), alev geciktiricilerin erken bozunma sürecine girerek malzeme yüzeyinde bir kabuk oluşumuna neden olduğunu, bu kabuğun ise malzeme ile oksijen arasındaki etkileşimi engelleyerek yanma sürecini yavaşlattığını belirtmiştir.

Bu durum, kontrol numunesinde açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Üretilen polimer kompozitlerde MK oranının artmasıyla, alev alma sürelerinde azalma, kendiliğinden sönme sürelerinde ise artış tespit edilmiştir.

Çizelge 3. UL94 dikey yanma testi sonuçları

Numune Kodu	Alev uygulama süresi (s)	Alev almaya başlama zamanı (s)	Kendiliğinden sönme süresi (s)	Dikey yanma sınıfı
MK0	10+10	17	3	V ₀
MK25	10+10	16	4	V ₀
MK50	10+10	14	4	V ₀
MK75	10+10	13	5	V ₀
MK100	10+10	12	7	V ₀

4. Sonuçlar

Atık muz kabuğu dolgu polimer kompozitlerde, dolgu malzemesi olarak muz kabuğu kullanımının avantajları ve sınırlılıkları değerlendirilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, muz kabuğu oranının artmasıyla kompozitlerin görünür yoğunluklarının azaldığı tespit edilmiştir. Artan muz kabuğu oranına bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerlerinde de azalma gözlemlenmiştir. Kontrol numunesine göre, yoğunluk değerlerinde %29,80, ultrases geçiş hızı değerlerinde %32 oranında azalma tespit edilmiştir. Bu durum, kompozitlerin boşluk yapısındaki artışla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, muz kabuğu oranının artmasıyla su emme ve porozite değerlerinde bir artış meydana gelmiştir. Polimer kompozit numunelerin basınç dayanımı değerleri ise artan muz kabuğu oranına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek basınç dayanımı, kontrol numunesinde 86,4 MPa olarak elde edilirken, en düşük basınç dayanımı değeri 45,8 MPa ile MK100 kodlu numunede belirlenmiştir.

UL94 deney sonuçlarının incelenmesi, muz kabuğu dolgu polimer kompozitlerin yangın dayanımı açısından olumlu bir performans sergilediğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, muz kabuğunun polimer kompozitler için potansiyel olarak düşük maliyetli bir dolgu malzemesi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, muz kabuğu dolgu polimer kompozitler, hafiflik, düşük maliyet ve yangına dayanım özellikleri sunarak orta düzey mukavemet gereksinimi olan uygulamalarda potansiyel bir malzeme olarak değerlendirilebilir, ancak artan dolgu oranının

mekanik performansı olumsuz etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Deney, Yazma – orijinal taslak
Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

- Akbaş, S., Tufan, M., Güleç, T., Taşcıoğlu, C., Peker, H., 2013. Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **14** (1), 50-56.
- ASTM C597-16. 2016. Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. American Society for Testing Materials.
- Avşar, Y., and Çevik, B., 2023. Biyokompozit üretiminde takviye elemanı olarak kullanılan tarımsal atıkların incelenmesi ve Türkiye'deki tarımsal atık potansiyeli. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **1**(1), 15-25.
- Aydoğan, B., and Usta, N., 2015. Nano kil ve kabaran alev geciktirici ilavesinin rijit poliüretan köpük malzemelerin ısı bozunma ve yanma davranışlarına etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **30**(1), 9-18.

- Barczewski, M., Mysukiewicz, O., and Kloziński, A., 2018. Complex modification effect of linseed cake as an agricultural waste filler used in high density polyethylene composites. *Iranian Polymer Journal*, **27**, 677-688.
<https://doi.org/10.1007/s13726-018-0644-3>
- Beskopylny, A. N., Stel'makh, S. A., Shcherban', E. M., Mailyan, L. R., Meskhi, B., Shilov, A. A., Chernil'nik, A., and El'shaeva, D., 2023. Effect of walnut-Shell additive on the structure and characteristics of concrete. *In Materials*, **16**, 4. 1752
<https://doi.org/10.3390/ma16041752>
- Boopalan, M., Niranjanaa, M., and Umapathy, M. J., 2013. Study on the mechanical properties and thermal properties of jute and banana fibre reinforced epoxy hybrid composites. *Composites Part B: Engineering*, **51**, 54-57.
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.02.033>
- Borazan, A. A., Gokdai, D., Acikgoz, C., and Adiguzel, D. A., 2017. The influence of chemically pre-treated chestnut waste and pinecone filler content on the properties of polyester composites. *Environment and Ecology Research*, **5**(3), 235-243.
<https://doi.org/10.13189/eer.2017.050309>
- Balaji, N. S., Jayabal, S., and Kalayana Sundaram, S., 2016. Study on mechanical properties of corn-cellulose fibers reinforced polyester composites. *In Macromolecular Symposia*. **361**, No. 1, 42-46.
<https://doi.org/10.1002/masy.201400241>
- Barczewski, M., Sałasińska, K., and Szulc, J., 2019. Application of sunflower husk, hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fillers for epoxy-based composites: A study into mechanical behaviour related to structural and rheological properties. *Polymer Testing*, **75**, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.01.017>
- Ferrante, A., Santulli, C., and Summerscales, J., 2020. Evaluation of tensile strength of fibres extracted from banana peels. *Journal of Natural Fibers*. **17**, 10, 1519-1531.
<https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1582000>
- Isitman, N. A., Kaynak, C., 2012. Effect of partial substitution of aluminum hydroxide with colemanite in fire retarded low-density polyethylene. *Journal of Fire Sciences*, **31**(1), 73-84.
<https://doi.org/10.1177/0734904112454835>
- Kaya, M., 1998. Alev geciktirici ve duman bastırıcı katkı maddeleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **11**(2), 77-88.
- Kartal, İ., Naycı, G., and Demirer, H., 2019. Kestane/Gürgen Talaşı Dolgulu Vinil ester Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **16**, 723-728.
<https://doi.org/10.31590/ejosat.566756>
- Kolak, M. N., and Oltulu, M., 2023. Investigation of mechanical and thermal properties of new type bio-composites containing camelina. *Construction and Building Materials*, **362**, 129779.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129779>
- Kolak, M. N., and Oltulu, M. (2023). Effect of expanded perlite addition on the thermal conductivity and mechanical properties of bio-composites with hemp-filled. *Journal of Building Engineering*, **71**, 106515.
<https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106515>
- Mo, K. H., Thomas, B. S., Yap, S. P., Abutaha, F., and Tan, C. G., 2020. Viability of agricultural wastes as substitute of natural aggregate in concrete: A review on the durability-related properties. *Journal of Cleaner Production*, **275**, 123062.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123062>
- Mohamed, G. R., Mahmoud, R. K., Shaban, M., Fahim, I. S., Abd El-Salam, H. M., and Mahmoud, H. M., 2023. Towards a circular economy: valorisation of banana peels by developing bio-composites thermal insulators. *Scientific Reports*, **13**(1), 12756.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-37994-1>
- Naguib, H. M., Kandil, U. F., Hashem, A. I., and Boghdadi, Y. M., 201. Effect of fiber loading on the mechanical and physical properties of "green" bagasse-polyester composite. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, **8**(4), 544-548.
<https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.06.004>
- Öztürk, N.K., Öztürk, S., Sütçü, M., Sever, K., 2015. Fındıkkağı ve evsel çay atığı katkılı yüksek yoğunluklu polietilen kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi XIX. ulusal mekanik kongresi, **24-28** Ağustos, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Polat, H., Demirel, B., Kolak, M. N., Oltulu, M. 2020. Polimer betonlarda barit minerali kullanımının araştırılması. *Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, **1**(1), 25-32.
- Polat, H., Üstün, İ., Şafak, A., & Çakılcıoğlu, A. N., 2023. Atık tuğla tozunun polimer betonda katkı malzemesi olarak kullanımı: mekanik özelliklerin incelenmesi. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **4**(2), 76-86.
<https://doi.org/10.53501/rteufemud.1306484>
- Kolak, M. N. And Oltulu, M. 2021. Atık Malzeme İçeren Polimer Bazlı Kompozitlerin Isıl İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, **13**(2), 310-320.
<https://doi.org/10.29137/umagd.822265>
- Rubiaceae, M. C. L, and Shami, A. M. M., 2015. SM Gr up annals of chromatography and separation techniques isolation and identification of anthraquinones extracted From. **1**(3): 3-5.
<https://doi.org/10.36876/acst.1012>

- Satapathy, S., and Kothapalli, R. V., 2018. Mechanical, dynamic mechanical and thermal properties of banana fiber/recycled high density polyethylene biocomposites filled with flash ecospheres. *Journal of Polymers and the Environment*, **26**, 200-213.
<https://doi.org/10.1007/s10924-017-0938-0>
- Sutivisedsak, N., Cheng, H. N., Burks, C. S., Johnson, J. A., Siegel, J. P., Civerolo, E. L., and Biswas, A., 2012. Use of nutshells as fillers in polymer composites. *Journal of Polymers and the Environment*, **20**, 305-314.
<https://doi.org/10.1007/s10924-012-0420-y>
- Taurino, R., Bondioli, F., and Messori, M., 2023. Use of different kinds of waste in the construction of new polymer composites. *Materials Today Sustainability*, **21**, 100298.
<https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100298>
- Topuz, S., and Orhan, R., 2022. Şeftali çekirdeği kabuğunun polyester esaslı kompozitin bazı mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **34**(2), 565-577.
<https://doi.org/10.35234/fumbd.1089106>
- TS EN 12390-3. 2019. Beton- Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayin. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1., 2016. Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1170-6 Cam elyaf takviyeli çimento için deney yöntemleri- Bölüm 6: Daldırma yoluyla su emiliminin tayini ve kuru yoğunluğun tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 60695-11-10. 2014. Yangın tehlikesi deneyi- Bölüm 11-10: Deney alevleri- 50 w'lık yatay ve düşey alev deney metotları.
- Ulutaş, E., and Taşdemir, M., 2024. Polipropilenin mekanik özelliklerine muz ve pirinç kabuğu tozlarının etkilerinin incelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **14**(3), 1310-1319.
<https://doi.org/10.21597/jist.1455636>
- Yıldız, A. B., Çetinkaya, K., 2012. Banana fiber and pet bottles waste reinforced polymer composites. *Usak University Journal of Material Sciences*, **1**(1), 29-34.