



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**FINDIK KABUĞU DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN
TERMOPLASTİK ELASTOMERLERLE MODİFİKASYONU VE
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERİF ÇAĞLAR

DANIŞMAN: DOÇ. DR. İDRİS KARAGÖZ

**YALOVA
OCAK 2023**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

FINDIK KABUĞU DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN
TERMOPLASTİK ELASTOMERLERLE MODİFİKASYONU VE
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERİF ÇAĞLAR
185101021

DANIŞMAN: DOÇ. DR. İDRİS KARAGÖZ

YALOVA
OCAK 2023

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “FINDIK KABUĞU DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN TERMOPLASTİK ELASTOMERLERLE MODİFİKASYONU VE KARAKTERİZASYONU” başlıklı bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Şerif ÇAĞLAR

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Doç. Dr. İdris KARAGÖZ’e teşekkürlerimi sunarım.

Fındık kabuğu tozu ve ekstrüzyon yöntemiyle granül üretiminde desteğini esirgemeyen ve tecrübelerini aktaran hocam Sayın Prof. Dr. Halil DEMİRER’e teşekkür ederim.

Enjeksiyon yöntemi ile numune üretiminde destek olan Çağdaş ASLAN’a teşekkür ederim. Enjeksiyon yöntemi ile üretilen numunelere yapılan testler ile ilgili bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Epsan Plastik Kalite Kontrol Müdürü Büşra SARUCAN’a ve testlerin yapımında desteğini esirgemeyen Laboratuvar sorumluları, Süleyman GENÇ ve Hüseyin BİRCAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda her zaman yanımda olan ve desteğini bir an olsun esirgemeyen ve bana sabır gösteren değerli eşim Sultan ÇAĞLAR’a ve çocuklarım Çağan ÇAĞLAR, Yaman ÇAĞLAR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2021/YL/0015 nolu “Fındık Kabuğu Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Termoplastik Elastomerlerle Modifikasyonu ve Karakterizasyonu” isimli proje ile desteklenmiştir. Verdikleri destek nedeniyle Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederim.

Ocak – 2023

Şerif ÇAĞLAR



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.2. Literatür araştırması	2
1.3. Hipotez	6
2. YEŞİL KOMPOZİTLER	9
2.1. Termoplastik yeşil kompozitler ve üretim yöntemleri	11
2.2. Termoset yeşil kompozitler ve üretim yöntemleri	11
3. MALZEME VE METOT	13
3.1. Malzeme	13
3.1.1. Polipropilen.....	13
3.1.2. Fındık kabuğu	14
3.1.3. Kaydırıcı	15
3.1.4. Antioksidan.....	15
3.1.5. SEBS (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren).....	15
3.1.6. SEBS-g-MA (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren Graft Edilmiş Maleik Anhidrit)	16
3.2. Polipropilen ve öğütülmüş fındık kabuğunun ekstrüzyon makinesinde granül haline getirilmesi	17
3.3. Çekme testi	18
3.4. Üç nokta eğme testi	18
3.5. Izod darbe testi	19
3.6. Sertlik ölçümü	19
3.7. Yoğunluk ölçümü	20
3.8. VICAT yumuşama sıcaklığı testi	21
3.9. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)	21
3.10. Parlaklık (Gloss) ölçümü.....	22



3.11. Renk ölçümü (CIE L*a*b* renk sistemi)	22
3.12. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme	24
4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Çekme testi sonuçları	25
4.2. Üç nokta eğme testi sonuçları	27
4.3. Darbe testi sonuçları	28
4.4. Sertlik ölçüm sonuçları	30
4.5. Yoğunluk ölçüm sonuçları	31
4.6. VICAT yumuşama sıcaklığı ölçüm sonuçları	32
4.7. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları	33
4.8. Parlaklık (Gloss) ölçümü sonuçları	34
4.9. Renk ölçüm (CIE L*a*b* renk sistemi) sonuçları	36
4.10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemeleri	37
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
5.1. Sonuçlar	47
5.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	55



SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

E	: Elastik modül
μ	: Mikron
ε	: Yüzde uzama katsayısı

KISALTMALAR

CPE	: Klorlanmış Polietilen
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
EPDM	: Etilen Propilen Dien Monomer Kauçuk
EVA	: Etilen Vinil Asetat
FK	: Fındık Kabuğu
FR	: Fire Retardant (Yangın Geciktirici)
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GU	: Gloss Unit (Parlaklık birimi)
HDT	: Isıl Deformasyon Sıcaklığı
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
LHP	: L-histidiniumdihidrojen Fosfat-fosforik Asit
MA	: Maleik Anhidrit
MAPP	: Maleik Anhidritli Polipropilen
MFI	: Eriyik Akış İndisi
NBR	: Nitril Kauçuk
OPK	: Odun Plastik Kompozit
PE	: Polietilen
PCL	: Polikaprolakton
PIB	: Polibüten
PP	: Polipropilen
PP-g-MA	: Maleik Anhidrit ile Graft edilmiş Polipropilen
SEBS	: Stiren Etilen-Butilen Stiren Blok Kopolimer
SEBS-g-MA	: Maleik Anhidrit ile Graft Edilmiş Stiren Etilen-Butilen Stiren Blok Kopolimer
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopisi
Shore D	: Sertlik Birimi
Tc	: Kristallenme Sıcaklığı
TDS	: Teknik Bilgi Formu
TG	: Termogravimetrik
TGA	: Termogravimetrik Analiz
Tm	: Erime Sıcaklığı
TPE	: Termoplastik Elastomer
TPO	: Termoplastik Poliolefin
UV	: Ultraviyole
VICAT	: Vicat Yumuşama Sıcaklığı
YYPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Numune kodları ve içerik oranları	13
Tablo 3.2. PP MH418 kodlu PP'ye ait tipik özellikler	14
Tablo 3.3. Fındık kabuğu içeriği	15
Tablo 3.4. SEBS'e ait tipik özellikler	16
Tablo 4.1. Çekme testi sonuçları	25
Tablo 4.2. Üç nokta eğme testi sonuçları	28
Tablo 4.3. Izod darbe testi sonuçları	29
Tablo 4.4. Sertlik ölçüm test sonuçları	31
Tablo 4.5. Yoğunluk ölçüm test sonuçları	32
Tablo 4.6. HDT Vicat B yumuşama sıcaklığı ölçüm test sonuçları	33
Tablo 4.7. DSC sonuçları	34
Tablo 4.8. Parlaklık ölçüm sonuçları	35
Tablo 4.9. Parlaklık seviyeleri ve karşılık gelen değerlendirmeler	36
Tablo 4.9. Renk ölçüm (CIE L*a*b* Renk Sistemi) test sonuçları	37



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yeşil polimerlerin sınıflandırılması	10
Şekil 3.1. Fındık kabuğunun şekli ve özellikleri.....	14
Şekil 3.2. SEBS kimyasal yapısı	15
Şekil 3.3. SEBS polimer zincirlerine maleik anhidrid graft edilmesi	16
Şekil 3.4. a) Fındık kabuklarının kırılması ve ayrılması, b) Lavion HC-500Y marka öğütücü ve öğütülmüş fındık kabuğu tozu, c) Fındık kabuklarının öğütülme sonrası elenmesi, d) Fındık kabukları ve PP'nin ekstrüzyonda granül haline getirilerek enjeksiyonla kalıplanması.	17
Şekil 3.5. Zwick/Roell Z020 marka eğme test cihazı	18
Şekil 3.6. Instron Ceast 9050 marka ızod darbe test cihazı	19
Şekil 3.7. LOYKA LX-D sertlik ölçüm cihazı	20
Şekil 3.8. AND GR 200 marka yoğunluk ölçüm cihazı.....	20
Şekil 3.9. NETZSCH DSC 214 Polyma marka DSC ölçüm cihazı	21
Şekil 3.10. Micro Gloss 60° (orta parlaklık) ölçüm cihazı	22
Şekil 3.11. Konika Minolta marka CM-2500d model portatif spektrometre cihazı	23
Şekil 3.12. CIE L*a*b* renk sistemi	23
Şekil 3.13. ZEISS SUPRA 40VP SEM görüntüleme cihazı.....	24
Şekil 4.1. Çekme mukavemet değerlerinin karşılaştırılması.....	26
Şekil 4.2. Elastisite modülü değerlerinin karşılaştırılması.....	27
Şekil 4.3. Darbe testi sonucunda numunelerin kırılma şekilleri	30
Şekil 4.4. Matris PP'nin (katkısız) 250X, 500X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	38
Şekil 4.5. PPFK02 numaralı numune 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	39
Şekil 4.6. PPFK03 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	40
Şekil 4.7. PPFK04 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	40
Şekil 4.8. PPFK05 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	41
Şekil 4.9. PPFK06 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	42
Şekil 4.10. PPFK07 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	42



Şekil 4.11. PPFK08 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	43
Şekil 4.12. PPFK09 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	44
Şekil 4.13. PPFK10 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	44
Şekil 4.14. PPFK11 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.....	45





FINDIK KABUĞU DOLGULU POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN TERMOPLASTİK ELASTOMERLERLE MODİFİKASYONU VE KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Polimer kompozitlerde, inorganik dolgular, malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin artırılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde üretiminin dünya sıralamasında lider olduğu ve kolay bulunabilirliği, kendine has rengi (renklendirmede de kullanılabilir) düşük maliyeti nedeniyle fındık kabuğu inorganik bir dolgu malzemesine alternatif olarak kullanılabilir. Çalışmada; PP matris içerisine farklı oranlarda fındık kabuğu, SEBS, SEBS-g-MA katılarak organik-inorganik katkılı hibrid polimer kompozitler elde edilmiştir. Aynı zamanda polimer kompozitlerde fındık kabuklarının atık olarak kullanılması yerine, ülke ekonomisine katma değer yaratan katkı malzemesine dönüştürülmesi amaçlanmıştır. PP polimer matris içerisine ilave fındık kabuğu, SEBS ve SEBS-g-MA katkılı hibrid kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri (çekme, eğme, darbe, yoğunluk, sertlik, renk, parlaklık ölçümü vb.), termal özellikleri (HDT, VICAT, DSC vb.) ve mikro yapılar (SEM) incelenmiştir. Hazırlanan numune karışımlara uygulanan testler incelendiğinde, PP matris içerisnde fındık kabuğu ilavesi arttıkça çekme mukavemetinde düşme, elastisite modülünde ise artış gözlenmiştir. Ancak karışım içerisine fındık kabuğu ilavesi ile birlikte, SEBS ilave edilen numunelerde çekme mukavemetinde ve elastisite modülünde düşme, yine karışım içerisine fındık kabuğu, SEBS-g-MA ilavesi ile hazırlanan numunelerde çekme mukavemetinde düşme, elastisite modülünde de SEBS ilavesine göre ise artış gözlemlenmiştir. Eğme mukavemeti fındık kabuğu ilavesi ile artış gösterirken SEBS ve SEBS-g-MA ilavesiyle düşme gözlenmiştir. Eğme elastisite modülünde genel anlamda SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde ise düşme eğilimi gözlemlenmiştir. Matris içerisnde fındık kabuğu, SEBS ve SEBS-g-MA oranı arttıkça darbe mukavemetinde artış gözlenmemiştir. PP matris içerisine fındık kabuğu ilave edilerek hazırlanan numunelerin, yoğunluk, DSC sonuçları artış gösterirken, SEBS ve SEBS-g-MA karışım oranı arttıkça, HDT VICAT B sonuçlarında düşme gözlemlenmiştir. Numunelere uygulanan sertlik ölçümlerinde (Shore D) sadece fındık kabuğu bulunan karışımlarda sertlik artış göstermiş, fakat karışıma SEBS ve SEBS-g-MA ilave edildiğinde sertliğin düştüğü tespit edilmiştir. Fındık kabuğu katkılı numunelerin renk ölçümünde fındık kabuğu katkı miktarı arttıkça, iki renk arasındaki farkın giderek arttığı görülmektedir. Natürel PP'ye %5 oranında eklenen fındık kabuklarıyla oluşan yeni renk fındık kabuğunun nispeten açık olan rengine daha yakın değerde elde edilirken, katkı oranı %10, %15 ve %20 değerine ulaştığında giderek farklılaşmaktadır. Sonuç olarak, polimer kompozit üretiminde fındık kabuğunun dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği farklı inorganik malzeme ilaveleriyle de hibrid kompozitler üretilebileceği, ve doğal bir renklendirici olarak polimer üretim proseslerinde kullanılabileceği, ayrıca ısı ve mekanik özelliklerinin iyileştirilebilir ve doğa dostu ve ekonomik kompozitler üretilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fındık Kabuğu, Yeşil kompozitler, Organik dolgu malzemeleri



MODIFICATION WITH THERMOPLASTIC ELASTOMERS OF HAZELNUT SHELL FILLED POLYPROPYLENE COMPOSITES AND CHARACTERIZATION

ABSTRACT

In polymer composites, inorganic filling materials are widely used to increase their mechanical and physical properties. Organic hazelnut shells can be used as an alternative to an inorganic filling material due to its easy availability, unique color (it can also be used for coloring) and low cost. In this study; Hybrid polymer composites with organic-inorganic additives were obtained by adding hazelnut shell, SEBS, SEBS-g-MA at different rates into the PP matrix. At the same time, it is aimed to save the hazelnut shells, which are used as organic additives in polymer composites, as waste and transform them into additive materials that add value to the country's economy. Additional hazelnut shell, SEBS and SEBS-g-MA were added to the PP polymer matrix. The mechanical and physical properties (tensile, bending, iMPact, density, hardness, color, gloss measurement, etc.), thermal properties (HDT, VICAT, DSC, etc.) and microstructures (SEM) of hybrid composites were investigated. When the tests applied to the prepared sample mixtures were examined, it was observed that the tensile strength decreased and the elasticity modulus increased as the hazelnut shell addition in the PP matrix increased. However, with the addition of hazelnut shell to the mixture, a decrease in the tensile strength and modulus of elasticity of the samples added to SEBS, a decrease in the tensile strength of the samples prepared with the addition of hazelnut shell and SEBS-g-MA into the mixture, and an increase in the modulus of elasticity compared to the addition of SEBS were observed. While the bending strength increased with the addition of hazelnut shell, a decrease was observed with the addition of SEBS and SEBS-g-MA. When SEBS and SEBS-g-MA were added, a decreasing trend was observed in the modulus of elasticity. No increase in iMPact strength was observed as the ratio of hazelnut shell, SEBS and SEBS-g-MA increased in the matrix. While the density and DSC results of the samples prepared by adding hazelnut shell to the PP matrix increased, HDT VICAT B results were observed to decrease as the mixing ratio of SEBS and SEBS-g-MA increased. In the hardness measurements (Shore D) applied to the samples, the hardness increased only in the mixtures with hazelnut shell, but it was determined that the hardness decreased when SEBS and SEBS-g-MA were added to the mixture. In the color measurements of the samples with hazelnut shell, it is seen that the difference between the two colors increases as the amount of hazelnut shell additive increases. While the new color formed by hazelnut shells added to natural PP at the rate of 5% is obtained closer to the relatively light color of the hazelnut shell, it gradually changes when the additive ratio reaches 10%, 15% and 20%. As a result, it is thought that the hazelnut shell can be used as a filling material in polymer composite production, hybrid composites can be produced with the addition of different inorganic materials, and it can be used as a natural colorant in polymer production processes, and its thermal and mechanical properties can be improved and eco-friendly and economical composites can be produced.

Keywords: Hazelnut shell, Green composites, Organic filling materials



1. GİRİŞ

Her geçen yıl daha fazla kalabalıklaşan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ihtiyaçlar dünyadaki doğal kaynakların kullanımını arttırmış ve mevcut kaynakların hızla azalmasını sağlamıştır. Gerek dünyadaki doğal kaynakların hızla azalması gerekse çevresel kaygılar gibi birçok nedenden dolayı sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir ürünlerin üretilmesi, son yıllarda endüstrinin üzerinde önemle durduğu bir konudur. Son yıllarda, çevresel etki, geri dönüştürülebilir olması ve proses kolaylığı gibi nedenlerle, polimer esaslı kompozitlerin üretiminde tarımsal gıda endüstrisi atıklarından veya yan ürünlerinden elde edilen doğal maddelerin kullanılmaya başlandığı görülmektedir [1-3]. Kompozit sektöründe “yeşil kompozitler” olarak isimlendirilen bu çalışmalar, daha çok yenilenebilir kaynaklardan elde edilen takviye fazlarının (lif veya dolgu) polimer matrisiyle kullanımı gelen polimer ve üzerine yoğunlaşmaktadır [2].

Bu kapsamda; son yıllarda öne çıkan tarımsal atıklardan biri olan fındık kabuğu (FK), ülkemizde bol bulunması, kendine has rengi ve sahip olduğu bazı özellikler nedeniyle hem akademik hem de endüstride yapılan çalışmalarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır [1]. Ülkemiz Karadeniz bölgesinde, yaklaşık olarak dünya fındık üretiminin %65-70’i gerçekleştirilmektedir. Üretim sonrasında ortaya çıkan fındık kabukları şu aşamada yeterli seviyede bir kullanım alanına sahip olmadığından yakacak şeklinde tüketilmektedir. Selülozik esaslı olan fındık kabuğunun, ülkemizde bol miktarda bulunması, işlenmesinin kolay ve ekonomik olması gibi nedenlerle son yıllarda polimer kompozit üretiminde kullanılmasıyla ilgili çalışmaların yapılmaya başlandığı görülmektedir [2].

Bu çalışmada; matris olarak Polipropilen (PP) ve içerisine organik (fındık kabuğu) ve inorganik (SEBS, SEBS-g-MA) katkıları eklenerek hibrid kompozitler hazırlanacaktır. Matris ve katkıların farklı oranlarda varyasyonları hazırlanarak mekanik, ısı ve renk özellikleri üzerine testler ve incelemeler yapılacaktır. Ülke ekonomisine katma değer üretmeyen ve atık olarak kullanılan fındık kabuklarının dolgu maddesi ve renklendirici olarak artı değer oluşturan ve kullanılabilir şekilde hibrid kompozit malzemelerin üretilirliği araştırılacaktır. Tez çalışması kapsamında, giriş kısmında ilk olarak mevcut literatür verileri incelenecek ve sonrasında deneysel çalışmalar için uygun çalışma parametreleri oluşturulacaktır. İkinci bölümde “Yeşil Kompozitler” ayrı bir

başlık olarak ele alınacak ve mevcut çalışmalar ışığında incelenecektir. Üçüncü bölümde deneysel çalışmalar kısmına yer verilerek, çalışmada kullanılan malzemeler, oluşturulan parametreler, üretilen malzemelere uygulanan testler ve standartlar açıklanacaktır. Dördüncü bölümde yapılan deneylerin sonuçları incelenerek tartışılacaktır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar genel bir değerlendirme yapılarak başlıklar halinde verilecek ve daha sonra konu ile ilgili benzer çalışmalar için öneriler oluşturularak paylaşılacaktır.

1.2. Literatür araştırması

Kompozit malzemeler, fiziksel ve kimyasal yapı olarak birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla bileşenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan ve malzemelerin önceki özelliklerinden daha iyi özelliklere sahip olan malzemeler şeklinde de tanımlanmaktadır. Matris ve katkı malzemesi olmak üzere kompozit malzemelerde genel olarak iki tip yapı bulunur. Matris ve katkı malzemeleri arasında kimyasal bir reaksiyon bulunmamaktadır. Kompozit malzemeler geleneksel malzemelerin özelliklerini iyileştirmek ve mevcut malzemelerin özelliklerinden faydalanılarak yeni özellikler elde etmek amacıyla yapılmaktadır. Bu özelliklere mukavemet, termal dayanım, kimyasal dayanımı, aşınma dayanımı, hafiflik, estetik görünüm, fiyat v.b. örnek olarak verilebilir. Kompozit yapıda matris malzemesinin görevi kompozite gelen kuvveti ara yüzey bağı ile takviye edici faza iletmek ve yükü dağıtmaktır. Bu sayede takviye fazını dengede tutarak tahrip olmasını önler. Literatürde kompozit malzemelerin çok farklı şekilde sınıflandırılmaları yer almaktadır. Ancak en yaygın şekilde kullanım alanı bulan sınıflandırma, yapısında bulunan matris ve takviye malzemenin cinsine göre yapılan sınıflandırmadır.

Matris malzemelerine göre yapılan sınıflandırılmada, kompozit malzemeler kullanım amacı ve üretim tekniklerine göre sınıflandırılmaktadır. Matris malzemesine göre kompozit malzemeler; polimer matrisli, metal matrisli ve seramik matrisli kompozitler olarak sınıflandırılır. Polimer matrisli kompozitler, en yaygın kullanım alanına sahip petrokimya bazlı malzemelerdir. Polimerik kompozitler, seramik ve metal matrisli kompozitlere oranla kolay işlenebilen, kolay şekillendirilebilen ve uzun süreli kullanıma uygun korozyona dirençli malzelelerdir [4].

Hibrid kompozitlerin elde edilmesinde organik ve inorganik malzemeler aynı anda kullanılabilir. Organik malzemeler, doğadan elde edilen, sürekliliği bulunan ve çevreye zararı bulunmayan malzemelerdir. Odun talaşı, bitki lifleri, pamuk, jüt v.b. İnorganik malzemeler iyonik bağı bulunan, suda çözünen ve hızlı tepkimeye giren maddelerdir. İnorganik maddeler asit, baz, tuz v.b maddelerdir inorganik moleküllerin genellikle yapısında karbon bulunmaz. Anyon ya da katyon olarak adlandırılan iyonik ya da kovalent bileşikler inorganik madde olarak isimlendirilirler. Son yıllarda organik ve inorganik malzemeler ile hazırlanan hibrid kompozitler ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmaktadır [1].

Mudu [5], PP matris içerisine farklı oranlarda wollastonit ve FK ilavesiyle hazırladığı polimer kompozitlerin stiren- (etilen-bütilen)-stiren (SEBS) ve bunun maleik anhidrid (MA) ile graft edilmiş türü (SEBS-g-MA) ile modifiye edilmesinin mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada; PP matrise wollastonit ve fındık kabuğunun dolgu şeklinde eklenmesi E-modülü ve sertliği yükseltmiş, akma uzamasını ise düşürmüştür. Karışıma SEBS, SEBS-g-MA ilave edildiğinde ise elastiklik modülünde ve akma mukavemetinde düşme, çentikli izod darbe değerlerinde artış, Shore D sertliğinde ise azalma gözlemlenmiştir. Demircan [6], polietilen (PE) matris içerisine %5-25 arasında FK ekleyerek hazırladığı karışımlarda, FK miktarındaki artışın elastiklik modülü, sertlik, yoğunluk ve ısı altında deformasyon değerlerini arttırdığı, ancak akma mukavemeti, akma uzaması, kopma uzaması, izod darbe, erime akış indisi değerlerin ise azaldığını tespit etmiştir. Bükim [7], PP içerisine FK, SEBS ve SEBS-g-MA ilavesi ile hazırlanan kompozitlerin mekanik özellikleri üzerindeki değişimler incelenmiştir. Karışıma SEBS ve SEBS-g-MA eklendiğinde E-modülü, akma ve kopma mukavemetlerinde düşme, akmada uzama ve kopmada uzama değerlerinde artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Borazan [8], katkı maddesi olarak FK, ceviz kabuğu ve sentetik yapıdaki kauçuk tozu (polibütadien) ve matris olarak termoset esaslı polyester reçine ile karışım hazırlamıştır. Hazırlanan numunelere, çekme, üç nokta eğme ve darbe testleri uygulanmıştır. Boroza, polyester içerisine karıştırılan FK'nun çekme ve eğilme direncini azalttığı, kopmada uzama direncini ise arttırdığını belirtmiştir. Çukur [9] yüksek yoğunluklu polietilen (G-YYPE) ve FK ile odun plastik kompozit (OPK) levhalar hazırlamıştır. FK dolgu oranı arttıkça, çekme elastisite modülü ve eğme elastisite modülü artmış, ancak çekme dayanımı ve eğilme dayanımı ise azalmıştır. Benzer şekilde yapı içerisinde FK oranı

arttıkça OPK'ların biyolojik dayanıklılığı azaldığı rapor edilmiştir. Kocaman [10] epoksi reçine (bisfenol-F) ile hazırlanan epoksi matris içerisine, biyobazlı kompozit üretmek amacıyla FK eklemiştir. Oluşturulan kompozit malzemenin deniz kabuğu, hindistan cevizi kabuğuna göre daha düşük mekanik özellikleri sağladığı ifade edilmiştir. Öz [11] polikaprolakton (PCL) matris içerisine FK, çeltik ve mısır atıkları karıştırılarak kompozit filmler oluşturulmuştur. Hazırlanan kompozit filmlerin termal ve mekanik özellikleri incelemiştir. Karışımında polimer matris ve katkı maddesinin birbiri ile etkileşerek yapının kristallenmesinde etkili olduğu ve bununla mekanik özellikleri önemli ölçüde değiştirdiği belirtilmiştir. Yıldırım [12] ağırlıkça %5/10/15/20 oranlarında FK katkısı ve PP matris kullanarak polimer kompozit hazırlamıştır. PP matris içerisinde, FK oranı arttıkça; sertlik, E-modülü, yoğunluk, VICAT yumuşama, ısı altında deformasyon sıcaklığının arttığı, MFI, darbe mukavemeti, çekme mukavemeti ve kopma uzamasının ise azaldığı belirtilmiştir. Dalvag ve ark. [13], selüloz ve termoplastik kompozit sistemlerinde darbe özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapıya EVA, CPE, PIB, TPO ve NBR gibi elastomer katkıların eklendiğini, ancak NBR haricinde diğerlerinin darbe mukavemeti üzerinde bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Jang ve ark. [14] PP içinde küçük boyutlu kauçuk katkılarının büyük boyutlu katkılara oranla darbe mukavemeti üzerinde daha etkili olduğunu bulmuştur. Oksman [15], karışıma ilave edilen SEBS-g-MA'nın arayüzey özelliklerini iyileştirerek PE/ahşap tozu karışımı kompozitlerde darbe dayanımını iyileştirdiğini rapor etmiştir. Stamhius [16] SBS, SEBS, NBR, EVA ve EPDM katkılarının PP matrisli kompozitin darbe özelliklerini iyileştirdiği, en iyi darbe mukavemeti eldesi içinse karışıma ilave edilen dolgu yüzeyinin kaplanması gerektiğini ifade etmiştir. Maiti ve Sing [17], odun tozu ve PE malzeme ile hazırladıkları karışımında küçük partikül boyutunun eğilme mukavemetini arttırdığı, arayüzey iyileştirici bir katkı kullanımının dolgu ve matris arasındaki arayüzey özelliklerini iyileştirerek mekanik dayanımı arttırdığını bulmuşlardır. Akbaş ve ark. [18], PP matris içerisine pres kalıplama ve ekstrüzyon yöntemleri kullanarak farklı oranlarda (%30/40/50) atık FK ilave edilerek kompozit malzeme üretmişlerdir. Malzemelere bazı mekanik testler uygulayarak darbe, çekme, su alma, şişme değerleri içerisinde %30 FK bulunan kompozitler en iyi sonucu aldıklarını belirtmişlerdir. Myers ve ark. [19], PP matris içerisine ahşap tozu karıştırılarak oluşturulan kompozit yapının MAPP etkisi ve ekstrüzyon sıcaklığı üzerinde etkisini araştırmışlardır. Kompozit yapının

esnekliğinin arttırılmasında MAPP'ın etkili olduğu, aynı zamanda çekme dayanımının da arttığını, katkı miktarının artması ve ekstrüzyon sıcaklığının yüksek olmasıyla birlikte, ahşap tozu dolgularının kırılabilirliğinin arttığını bununla birlikte esnekliğinin azaldığını aynı zamanda darbe dayanımında düşme olduğunu tespit etmişlerdir. Karnani ve ark. [20], PP matris içerisine kenaf (lifli bitki) dolgu eklenerek oluşturulan kompozit malzemede, MAPP oranının %2'den %5'e arttırılması ile bazı özelliklerinde iyileştirme olduğunu bulmuşlardır. Le Thi ve Gauthier [21], PP-g-MA yapısındaki MA konsantrasyonu ve PP içerisine bol lifli bitki (sisal dolgu) kompozitinde ekstrüzyon sırasında farklı parametrelerin pozitif ve negatif etkileri incelemiş olup PP-g-MA içeriğindeki MA oranının darbe ve kopma dayanımında pozitif yönde iyileşmeye neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Ishak ve ark. [22], PP matrisli içerisine, kaolin, CaCO_3 talk, eklenerek kompozit yapı oluşturulmuştur. Yapının mekanik özellikleri ve ekyüzey özelliklerini incelemişler ve sonuç olarak malzemenin mekanik özellikleri (sertlik ve dayanım) anlamında talkın diğer katkılara göre daha uygun sonuçlar verdiğini ayrıca kullanılan katkıların PP matris üzerinde çekirdekleştirici etki oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca farklı bir çalışmada da CaCO_3 ve talk'ın bir arada kullanıldıkları katkılarda mekanik dayanımın arttırdığını gözlemlemişlerdir. Ferrage ve ark. [23], PP içerisinde talkın kristalleştirici etkisini incelemişler ve talkın çekirdekleştirici etkiye neden olduğunu tespit etmişlerdir. Qui ve ark. [24], talk dolgulu PP kompozitte bağlayıcı ajan kullanımının mekanik özelliklerini ve kristallenme davranışını incelemişlerdir. Dao, [25], PP matrise ağaç tozu eklenerek oluşturdukları kompozit malzemeye, EPDM kauçuğu eklenmesiyle darbe dayanımında pozitif yönde artma olduğunu tespit etmişlerdir. Mitsuishi ve ark. [26], PP matris içerisine farklı partikül boyutlarında CaCO_3 katkılı kompozit yapının, CaCO_3 oranının arttırılmasıyla birlikte gerilme dayanımı ve elastik modülünün pozitif yönde iyileştiği, CaCO_3 partikül boyutunun artması ile mekanik özellikleri düştüğü gözlemlemiştir. Scott ve ark. [27], PE matrisli kompozit malzemede toz halde SiO_2 ve CaCO_3 , maleik anhidridlenmiş EPDM ve modifiye edilmemiş EPDM eklenmesiyle izod darbe dayanımında olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Bledzki ve ark. [28], PP matrise yumuşak ve sert yapıdaki ahşap tozu ilave edilmiş ve fizikomekanik özelliklerinde MAPP'ın etkisini incelemişler ve MAPP'nın düşük miktarlarda daha etkili olduğu bulmuşlardır. Wu ve ark. [29], PP matrise ahşap tozu ilave edilen kompozitlerde, ahşap dolgu yüzeyinde ön hazırlıkların yapılmasının mekanik

özelliklerde meydana gelecek değişimleri incelemişler ve mekanik özelliklerde yüksek seviyede iyileşme olduğunu saptamışlardır. Lindberg ve Oksman [30], LDPE (geri dönüşümlü) matrise ahşap tozu ilave edilerek hazırlanan kompozit yapıların mekanik özelliklerini incelemişler. Yapıya mekanik özellikler iyileştirme amacıyla SEBS-g-MA katılmış ve SEBS-g-MA'nın %4 civarında sınırlandırılmasıyla çekme gerilmesi, darbe dayanımı ve kopma uzamalarında pozitif yönde iyileşme tespit etmişlerdir. SEBS-g-MA oranı %4'ün üzerine çıktığında mekanik özelliklerde değişim sağlamadığını saptamışlardır. Han ve ark. [31], Selüloz-PP ve Maleik anhidritlenmiş PP malzeme ile kompozit ziztemlerde uyumlaştırıcı olarak kullanılmış ve mekanik özellikleride artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Gatenholm ve ark. [32], PP/selüloz kompozit karışımlarında MA'nın, mekanik (çekme ve darbe) dayanımı pozitif yönde iyileştirdiğini ifade etmişlerdir. Xie ve ark. [33], PP matrisli sisal dolgulu kompozit yapılarda SEBS-g-MA oranının artması ile darbe süresi, darbe dayanımı, çatlak oluşumunun ve çatlak ilerleme zamanının negatif yönde olduğunu belirlemişlerdir. Badano ve ark. [34], fındık kabuğu bazlı mikro partiküllerin reçinelerde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Fındık kabukları katkısı ile hazırlanan biyokompozit bazlı numuneler ile testler yapılmış sertlik değerinde değişim tespit edilmemiş, çekme mukavemetinde düşme ve yapışkan bağ mukavemetinde ise %25'den sonra düşme görüldüğü tespit edilmiştir. Salasinska ve ark. [35], EP (epoksi reçine) içerisine fındık kabuğu (FK) ile L-histidinyumdihidrojen fosfat-fosforik asit (LHP) bazlı yangın geciktirici (FR) hazırlanan kompozit yapı incelenmiş. Yanma davranışı, UL-94 v.b mekanik testler uyguladılar. Ağırlıkça %15 LHP ve %5 FK ve içeren sistemin kapalı hücreli bir kömür oluşumuna yol açtığı ve bunun yanma sürecini azalttığını tespit etmişlerdir.

1.3. Hipotez

Yeşil kompozit üretiminde odun talaşı, fındık kabuğu, ceviz kabuğu, selüloz, küspe lifi, patlıcan sapları, ayçiçeği kabuğu, badem kabuğu, kakao ve okaliptüs lifi gibi doğada bulunan ve doğa ile uyumlu olan organik katkı maddeleri, malzeme özelliklerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilirlik amacıyla polimer malzeme içerisine katkı malzemesi olarak eklenmektedir. Eklenen bu lifler, kompozitin üretim maliyeti düşürme, takviye etme, doğal renklendirici gibi avantajlarının yanında, daha düşük

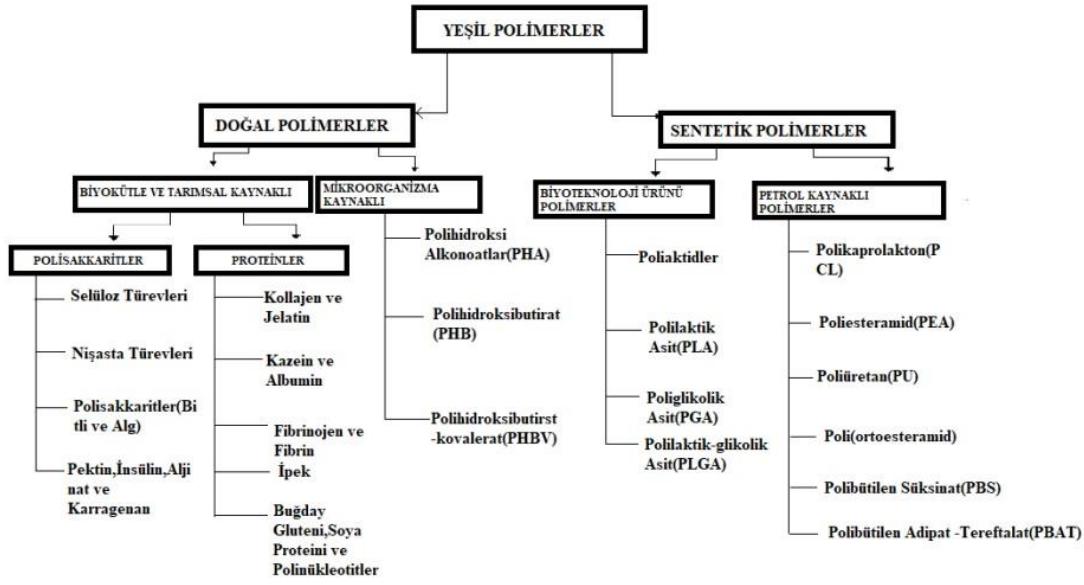
mekanik özellikler, ısı özellikler ve kırılabilirlik gibi dezavantajlara da sahiptir. Kompozitin mukavemetini arttırmak amacıyla, yukarıda ifade edilen organik katkıların yanında, içerisine talk, kalsit, silika, bazalt, cam elyaf, karbon elyaf gibi farklı türden katkı ve dolgularda ilave edilmektedir. İnorganik katkıların matris içerisinde artan miktarda kullanımı malzemelerin geri dönüşümünü zorlaştırmakta ve çevre problemlerine olumsuz etki yapmaktadır. Odun talaşı, fındık kabuğu gibi tek tip organik katkıların kullanıldığı durumlarda ise istenilen termal ve mekanik özelliklerin elde edilmesi daha da zorlaşmaktadır. Bu tarz kompozit malzemelerin geri dönüşümünde karşılaşılan problemleri azaltmak ve çevre ile uyumlu kompozit malzemeler üretebilmek için organik katkı malzemelerinin kullanılması oldukça önemlidir. Organik bir malzeme olan fındık kabuğu (FK) ve inorganik bir katkı olan SEBS, SEBS-g-MA'nın farklı oranlarda kullanılmasıyla kompozit malzemelerin termal ve mekanik özelliklerinin geliştirileceği ve daha çevreci yeni kompozit malzemelerin üretilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada; organik malzeme kullanımıyla polimer malzemelerin geri dönüşümündeki problemlerin azaltılması, çevre ile uyumlu fındık kabuğu ve SEBS, SEBS-g-MA'nın birlikte kullanıldığı yeşil kompozitler olarak da bilinen termal ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş çevreci malzemelerin üretilmesi, yakacak olarak kullanılan ve atık halinde fındık yetiştiricilerine ve fındığı işleyen firmalara bir katma değer üretmeyen fındık kabuklarının, polimer matrisli kompozit üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanımının yanında organik renklendirici olarakta bir katma değer yaratacak şekilde ekonomiye kazandırılması amaçlanmaktadır.

2. YEŞİL KOMPOZİTLER

Polimerler malzemeler; seramik ve metal malzemelere oranla daha ucuz ve hafif olmalarının yanında çok farklı amaçlar için kullanılabilen ve kolay şekillendirilebilen ve bununla birlikte korozyona uğramayan yapılardır [36-37]. Ticari olarak kullanılan polimerler, doğal gaz ve petrol gibi tükenen kaynakların %5'inin bu alanda kullanılmasıyla elde edilirler. Polimerler, üstün mekanik ve termal özellikleri nedeniyle endüstriyel alanda tercih edilen malzeme haline gelmiştir. Bu üstün özelliklerine rağmen, polimerlerin doğada kolay yok olmaması ve petrol kaynakları gibi tükenir kaynaklardan elde edilmeleri en büyük dezavantajları arasında yer almaktadır. Maliyetli işlemler sonucunda kırma-parçalama yöntemleri ile yok edilebildiklerinden çevre uyumu açısından yeni organik polimer türleri arayışları ortaya çıkmıştır [36-38].

Biyokompozitler olarak da adlandırılan yeşil kompozitler; biyolojik maddelerden ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen, polimer matris fazından ve takviye malzemelerden oluşan farklı türlerden (organik-inorganik) oluşturulan biyo-kompozit malzemeler olarak tanımlanmaktadır [39]. Yeşil kompozitler, çeşitli matris ve takviye elemanları ile kombinasyona uygun, mukavemet özellikleri iyi ve boşluklu yapıları nedeniyle ses yalıtım özelliğine sahip, tüm üretim teknikleri ile işlenebilmesi kolay, mikro ya da nano seviyede çalışılabilen, yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, doğa dostu malzemelerdir [40]. Kompozit malzeme çeşitleri her geçen gün artarak otomotiv, havacılık ve uzay sistemleri, spor eşyaları v.b gündelik kullanım alanlarında vazgeçilmez hale gelmiştir. Kompozit malzemelerin, çeşitli biçimlerde tasarlanabilir olması bu malzemeleri diğer malzemelere göre daha avantajlı konuma getirmektedir [41]. Son dönemlerde, bitkisel ve hayvansal kaynaklı katkı maddelerinin kullanıldığı, yüksek performanslı kompozit üretimi her geçen yıl daha fazla artmaktadır. Bu artıştaki temel etken ister bitkisel ister hayvansal temelli olsun katkıların doğal atıklardan seçilmesi yönündedir [40]. Bu kapsamda; yeşil kompozitlerle ilgili olarak yapılan sınıflandırma Şekil 2.1'de verilmiştir.

Son yıllarda yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ürünler gelişme göstermiştir. Yeşil kompozit sektörü polimer sektörleri içerisinde en hızlı gelişme gösteren sektörlerdendir.



Şekil 2.1. Yeşil polimerlerin sınıflandırılması [32]

Kullanımı gün geçtikçe artan CO₂ v.b gazların atmosfere yayılmasıyla sera gazı etkisine neden olduğu konusunda farkındalığın artmasıyla birlikte, yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen malzemelerin geliştirilmesine öncelikle imkân verilmektedir. Kaynakların ciddi şekilde tüketildiği, petrol bazlı polimerlerin yüksek kullanım alanına sahip olduğu ve bununla birlikte Avrupa devletlerinin atık kontrol mevzuatları sürdürülebilir ve çevresel açıdan artan ilgi, üretici ve tüketicileri doğa dostu ürünlere yönlendirmektedir. Son zamanlarda, biyolojik olarak çözünebilen malzemeler dünya çapında büyük ilgi görmektedir [42].

Tarihsel anlamda, ilk yeşil polimer kompozitlerin ticari bir üründe kullanımı 2003 yılında Toyota Raum'da, otomobilin yedek lastik örtüsünde kullanılmıştır. Toyota kullandığı Eco-plastic'i, PLA ve kenaf fitiller ile takviye edilerek oluşturmuştur. Doğal elyaf takviyeli plastikler için otomotiv uygulamaları en iyi fırsat alanları olarak belirtilmektedir. Çünkü düşük yoğunlukları sebebiyle yakıt tasarrufu ve maliyet avantajına ek olarak hafif malzemeler üretmesine imkân verir. Doğal fiberler, cam elyafı kompozitler kıyasla, ısı yalıtımı, iyi akustik özellikler ve daha iyi oranda çarpışma emilimi sağlayarak otomobillerde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda otomotiv kullanımı dışında 2006' yılında NEC CORPORATION ve UNITIKA LTD şirketleri tarafından kenaf lifleri ile takviye edilmiş PLA'dan üretilmiş olan bir cep telefonu uygulamasıda mevcuttur. Uygulanan kompozit yapı yaklaşık

olarak %90 biyobazlıdır. Özellikle takviye olarak ahşap içeren yapılarda kullanılan termoset yeşil kompozitleri, önemli ve genişleyen bir uygulama alanıdır [43].

2.1. Termoplastik yeşil kompozitler ve üretim yöntemleri

Termoplastik yeşil bileşikler, enjeksiyon kalıplama yöntemi gibi en yaygın üretim yöntemleriyle standart ve ekonomik olarak üretilebilmektedir. Bu üretim yöntemleriyle genellikle kısa lifler kullanılmaktadır. Daha uzun lifler kullanılması durumunda standart yöntemlerin dışında sıkıştırma kalıplama yöntemleri kullanılmaktadır. [44].

2.2. Termoset yeşil kompozitler ve üretim yöntemleri

Termoset biyokompozitlerin üretim tekniklerinde kompozit endüstrisinde yaygın olarak kullanılan "kapalı kalıp" teknikleridir (örn. Reçine transferi kalıplama, vakum infüzyonu ve sıkıştırma kalıplama). Reçine formülasyonu sıkıştırma kalıplama ve vakum uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Bu üretim tekniklerinde, sertleşme öncesi reçine formülasyonunun düşük viskozitesi sayesinde lif yükünün yüksek olmasına olanak sağlar. [44].

Yeşil kompozitler otomotiv, inşaat, mobilya ve ambalaj sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İnşaat, mobilya ve paketlenme sektörü gibi bazı alanlarda bekleneni karşılayamayan uygulamalarda daha çok ağaç tozu, odun yongası vs. gibi oldukça ucuz dolgular tercih edilmektedir. Otomotiv sektörü gibi yüksek başarı beklenen uygulamalarda gerekli niteliklerin sağlanması için muz kabuğu, jüt, hemp, bambu, kenaf vb. lifler kullanılmaktadır [45]. Ayrıca kara taşıtlarında, araç ağırlığını %10-30 oranında azaltacak kadar hafifletmesi bununla birlikte yakıt tüketiminin azaltılması ve çevre dostu olmaları nedeniyle tercih edilmektedir [46]. Daimler-Benz tarafından 1991 yılından itibaren malzemelerde kullanılan cam lifinin yerine doğal liflerin kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa Birliği tarafından yayınlanan “European Guideline 2000/53/EG” standardında, Avrupa'da üretilen araçların 2005'ten itibaren en az ağırlıkça %85'inin, 2015 yılından sonra da en az %95'inin yenilenebilir malzemelerden üretilmesi zorunlu hale getirilmiştir [46,47]. Buradan anlaşıyor ki yeşil kompozitler gelecek yılların vazgeçilmez malzemeleri arasında olacak ve beklentiyi hep en üst seviyede tutacaktır.



3. MALZEME VE METOT

3.1. Malzeme

Bu çalışmada Petkim'in PETOPLN ticari ismi ile bilinen PP MH418 kodlu malzemesi matris olarak kullanılmıştır. Dolgu malzemesi olarak fındık kabuğu (FK), ve hazırlanan kompozitlerin özelliklerini iyileştirmek amacıyla SEBS ve SEBS-g-MA kullanılmıştır. Çalışmada hazırlanan karışımlar ve içerikleri tablo 3.1'de verilen oranlara göre hazırlanmıştır.

Tablo 3.1. Numune kodları ve içerik oranları

Kod	PP (%)	FK (%)	SEBS (%)	SEBS-g- MA (%)	Kaydırıcı %	Antioksidan %
PPFK01	100	-	-	-	-	-
PPFK02	93,7	5,0	-	-	1,0	0,3
PPFK03	88,7	10,0	-	-	1,0	0,3
PPFK04	83,7	15,0	-	-	1,0	0,3
PPFK05	78,7	20,0	-	-	1,0	0,3
PPFK06	75,7	20,0	3,0	-	1,0	0,3
PPFK07	72,7	20,0	6,0	-	1,0	0,3
PPFK08	69,7	20,0	9,0	-	1,0	0,3
PPFK09	75,7	20,0	-	3,0	1,0	0,3
PPFK10	72,7	20,0	-	6,0	1,0	0,3
PPFK11	69,7	20,0	-	9,0	1,0	0,3

3.1.1. Polipropilen

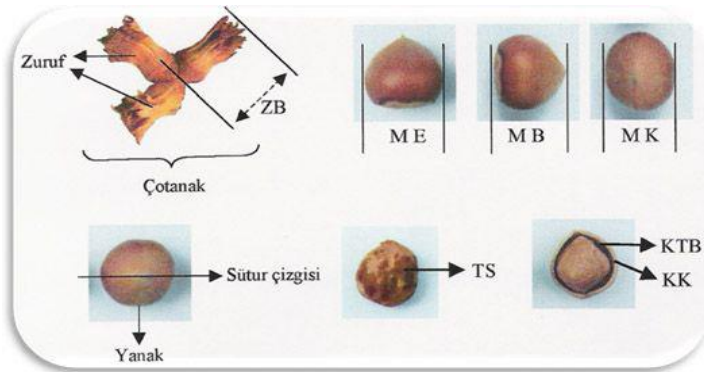
Çalışmada matris malzemesi olarak; Petkim'in PETOPLN ticari ismi ile bilinen PP MH418 kodlu, orta moleküler ağırlık dağılımına sahip, homopolimer ve izotaktik yapılı polipropilen (PP) malzemesi kullanılmıştır. PP MH418 kodlu PP'ye ait tipik özellikler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. PP MH418 kodlu PP'ye ait tipik özellikler [48]

Özellikler	Tipik değer	Birim	Test Metodu
Reçine Özellikleri			
Erime akış hızı (230 °C/2.16 kg)	4.7	g/10 min	ASTM D1238
Yoğunluk	0.905	g/cm ³	ASTM D1505
Ergime noktası	163	°C	ASTM D3418
Mekanik Özellikler			
Akmada gerilme dayanımı	34	MPa	ASTM D638
Bükülme modülü (23 C)	1450	MPa	TS EN ISO 178
Izod darbe dayanımı, çentikli	22	J/m	ASTM D256
Rockwell sertliği	94	R-scale	ASTM D785
Termal özellikler			
Deformasyon sıcaklığı, 0.45 MPa	110	°C	ASTM D648

3.1.2. Fındık kabuğu

Çalışmada fındık kabukları (FK) tombul cinsi (Giresun yöresi) olarak bilinen fındıklardan elde edilmiştir. Makro boyutta fındık kabuğunun sahip olduğu yapı incelendiğinde, sert yapılı bir dış kabuk ve bu tabakanın iç kısmının ise yumuşak ve gevşek bir tabaka ile sarıldığı görülmektedir. Üretim esnasında yumuşak kısmın topaklaşmaya neden olacağı öngörüldüğünden bu iki kısım birbirinden ayrılarak, çalışmada yalnızca sert kısmı öğütülerek kullanılmıştır. Fındık kabuğunun şekilsel özellikleri detaylı olarak Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Fındık kabuğunun şekli ve özellikleri [7]

Tablo 3.3. Fındık kabuğu içeriği [7]

İÇERİK	%	STANDART
Lignin	37	ASTM D1106
Hemiselüloz	24.8	ASTM D1103
Selüloz	22.2	ASTM D1104
Nem	10.12	
Yağ	1.54	
Kül	1.26	ASTM D1102-56

3.1.3. Kaydırıcı

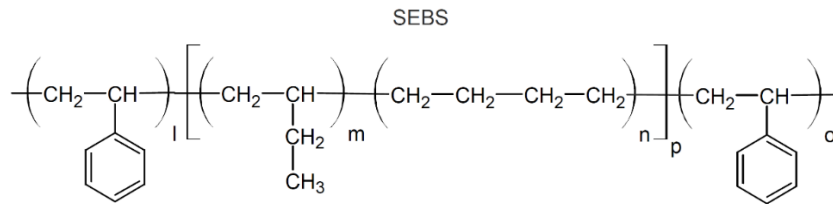
Çalışmada, ekstruder içerisinde, granül yapımının kolay hale getirilmesi amacıyla Innospec Leuna firmasından tedarik edilen OX.PE WAX LE 262 kodlu polietilen vaks kullanıldı.

3.1.4. Antioksidan

Çalışmada antioksidanlar oluşabilecek ısıl degradasyonu önlemek amacıyla Ciba Geigy Firmasının üretmiş olduğu IRGANOX 1010 kodlu ürün kullanılmıştır.

3.1.5. SEBS (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren)

SEBS olarak da bilinen stiren-etilen-bütillen-stiren, vulkanizasyona uğramadan kauçuk gibi davranan termoplastik elastomerdir (TPE). Güçlü, esnek yapıda, mükemmel ısı ve UV direncine sahip ve işlenmesi kolaydır. Stiren-bütadien-stiren (SBS) kopolimerinin kısmi ve seçici hidrojenlenmesiyle üretilir.



Şekil 3.2. SEBS kimyasal yapısı [41]

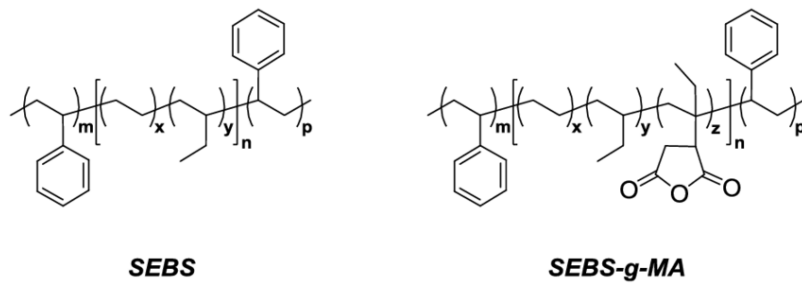
Çalışmada kullanılan SEBS Kraton TM (Shell Chemicals, Marsilya, Fr.) firmasından Kraton G 1652 ticari ismi ile tedarik edildi. Opak bir görünüme sahip olan SEBS'in üretici firmadan alınan verilere göre teknik özellikleri Tablo 3.4'de belirtilmiştir [50].

Tablo 3.4. SEBS'e ait tipik özellikler [50]

MEKANİK ÖZELLİKLER	BİRİM	DEĞER	STANDART
Sertlik	Shore A	69	ASTM D 2240
Çekme Mukavemeti	MPa	31	ISO 37
% 300 Modül	MPa	4,8	ISO 37
Kopma Uzaması	%	500	ISO 37
Yoğunluk	g/cm ³	0,91	ISO 2781
MFR (230 °C'de 5 kg)	g/10 min	6	ISO 1133

3.1.6. SEBS-g-MA (Stiren-Etilen-Butilen-Stiren Graft Edilmiş Maleik Anhidrit)

SEBS polimer zincirleri üzerine maleik asit/anhidrid grupları tarafından aşılansak SEBS-g-MA oluşturulur. Bununla birlikte polimer-takviye edici kompozitlerde SEBS-g-MA, bağlayıcı görevi üstlenerek kompozitlerin mekanik özelliklerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur [43].

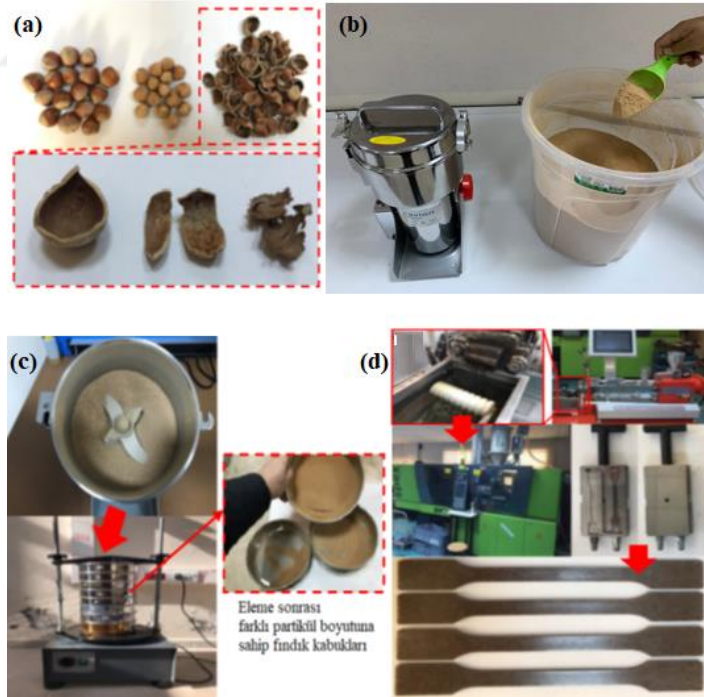


Şekil 3.3. SEBS polimer zincirlerine maleik anhidrid graft edilmesi [42]

3.2. Polipropilen ve öğütülmüş fındık kabuğunun ekstrüzyon makinesinde granül haline getirilmesi

Giresun yöresi (Tombul cinsi) fındıklardan, atık olarak çıkan fındık kabukları, kırma/öğütme değirmeniyle (Lavion HC-500 Y Marka) öğütüldü. Üretim esnasında yumuşak kısmın topaklaşmaya neden olacağı öngörüldüğünden bu iki kısım birbirinden ayrılarak, çalışmada yalnızca kabuğun sert kısmı öğütülerek kullanıldı.

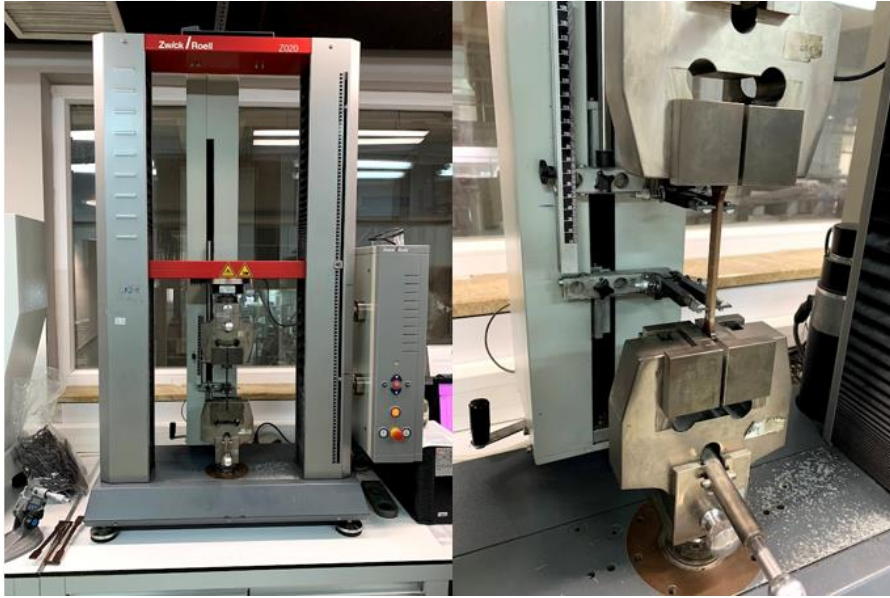
Fındık kabukları toz haline getirildikten sonra 100 °C’de bir saat etüvde içerisindeki nemin atılması için kurutma işlemine tabi tutuldu. Sonrasında Tablo 3.1’de verilen oranlarda hassas terazi ile tartılarak hazırlanan PP, FK, SEBS, SEBS-g-MA katkıları Gülnar marka (L/D oranı 40) çift vidalı ekstüder kullanılarak granül haline getirildi. Granül haline getirilmiş numuneler 24 saat oda sıcaklığında doğal şartlandırmaya tabi tutuldu. Sonrasında Yalova Üniversitesi, Polimer Araştırma Laboratuvarında bulunan Engel Spex marka 800 kN’luk plastik enjeksiyon makinesinde 300 kN kapama basıncı, 25°C besleme bölgesi sıcaklığı ve 210 °C kalıplama sıcaklığında enjeksiyonla kalıplanarak test numuneleri üretilmiştir.



Şekil 3.4. a) Fındık kabuklarının kırılması ve ayrılması, b) Lavion HC-500Y marka öğütücü ve öğütülmüş fındık kabuğu tozu, c) Fındık kabuklarının öğütülme sonrası elenmesi, d) Fındık kabukları ve PP'nin ekstrüzyonda granül haline getirilerek enjeksiyonla kalıplanması.

3.3. Çekme testi

Çekme testi DIN EN ISO 527-1 standartlarına göre; 2 mm/dk. çekme hızı ile yapılmıştır. Çekme testi numunenin kopana dek tek eksenle çekme kuvvetlerine maruz bırakıldığı test yöntemidir. Yapılan çekme testi sonucunda; çekme mukavemeti (MPa), kopma uzaması (%), elastisite modülü (E) gibi değerler bulunur. Numune test cihazının alt ve üst çenesine sıkıştırılır. Çekme hızı numune cinsine göre belirlenmektedir. Alt ve üst çeneye bağlanan numune çubuğuna tek eksenle kopana dek çekme kuvveti uygulanır. Kuvvetin uygulanma süresi boyunca standart kesitteki uzama miktarı yani gerilim-boyut değiştirme grafiği çizer, grafik sonucuna göre malzemenin mekanik özellikleri ile ilgili yorum yapılmaktadır. Çalışmada çekme testi şekil 3.5’de gösterilen Zwick/Roell Z020 markalı test cihazında yapıldı.



Şekil 3.5. Zwick/Roell Z020 marka eğme test cihazı

3.4. Üç nokta eğme testi

Üç nokta eğme testi Şekil 3.5. de gösterilen Zwick/Roell Z020 Marka test cihazında TS EN ISO 178 standardına uygun olarak 2 mm/dk. eğme hızı ile yapılmıştır. Enjeksiyon yöntemiyle hazırlanan numuneye üç noktadan uygulanan standartta belirtilen hızdaki yük ile esneklik mukavemeti kırılma noktasındaki uzaması ,% uzaması ve belirli alana uygulanan maksimum kuvveti tayin edilir.

3.5. Izod darbe testi

Enjeksiyon yöntemiyle hazırlanan numuneler TS EN ISO 180 standardında Izod Darbe testine tabi tutulmuştur. Numuneler Şekil 3.6. de gösterilen Instron Ceast 9050 marka cihazda test yapıldı. Numunenin yüzeylerinden birine standartta belirtilen ölçülerde çentik (notch) açılmıştır. Numune cihaza dikey olarak kavrama çenesine bağlanır. Çentik kısmı çene yüzeyinin tam ortasına gelecek şekilde sabitlenir. Sarkacın kavrama çenesinden belirli bir miktar yüksekte bulunan çekiç ile darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerji tayin edilir.



Şekil 3.6. Instron Ceast 9050 marka ızod darbe test cihazı

3.6. Sertlik ölçümü

Durometre, tipik olarak polimerler, elastomerler ve kauçuk malzemelerin sertliğini ölçmek için kullanılan cihazdır. Ölçü birimi Shore olarak belirtilir. Cihaz ölçeğinde yüksek sayılar, sert malzemelere yani uç kısmında bulunan iğnenin batmaya karşı direncini gösterir, daha düşük sayılar ise daha az direnç ve daha yumuşak malzemeleri gösterir. Enjeksiyon ile kalıplanmış numunelerin sertlik ölçümleri Şekil 3.7’da görülen durometre ölçüm cihazı ile ISO 868 test standardına göre yapıldı.



Şekil 3.7. LOYKA LX-D sertlik ölçüm cihazı

3.7. Yoğunluk ölçümü

Arşimet'in ilkesine göre, kısmen veya tümüyle bir sıvıya batırılan bir madde kendisini yukarı doğru iten bir kaldırma kuvvetiyle karşılaşır. Bu kuvvetin büyüklüğü, maddenin yerine geçtiği sıvının ağırlığına eşdeğerdir. Granül halindeki numunenin ağırlığı önce hava sonra yoğunluğu belli alkol içinde ölçülerek malzemenin yoğunluğu test edildi. Numunelerin yoğunluğu Şekil 3.8’de görülen AND GR 200 marka yoğunluk ölçüm cihazında ISO 1183 standardına uygun şekilde yapıldı.



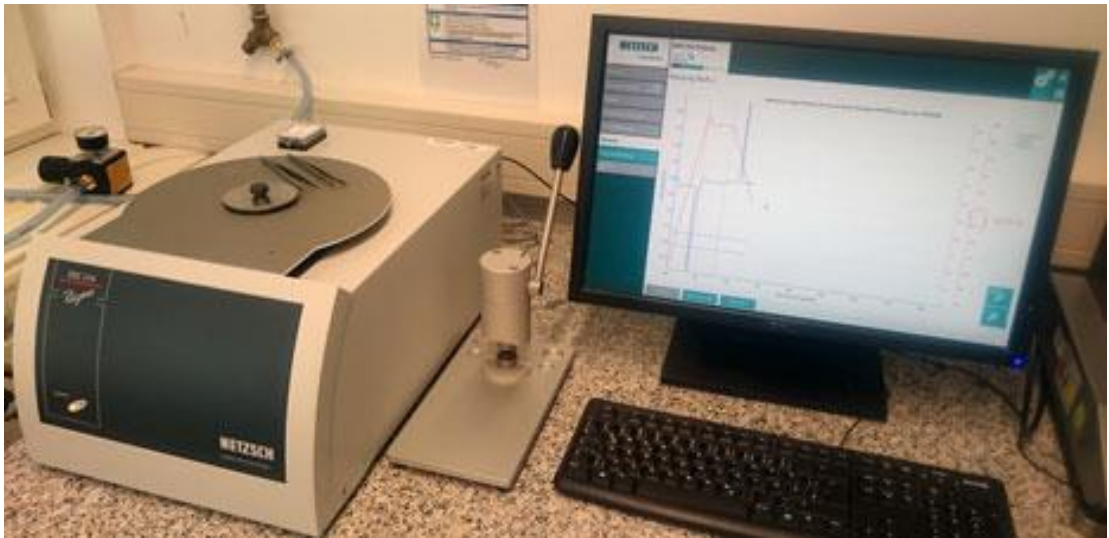
Şekil 3.8. AND GR 200 marka yoğunluk ölçüm cihazı

3.8. VICAT Yumuşama sıcaklığı testi

HDT, polimerlerin yüksek sıcaklıklarda, sabit bir yüke maruz bırakıldığında malzemelerin hangi sıcaklıkta "yumuşamaya" başladığını göstermektedir. Vicat sertliği ve yumuşama sıcaklığı, plastikler gibi erime noktası kesin olmayan malzemeler için erime öncesi yumuşama noktasının belirlenmesidir. 1 mm² dairesel veya kare kesitli düz uçlu bir iğne ile numunenin 1 mm derinliğe kadar girdiği sıcaklık olarak alınır. [44] Vicat B testi için yük 50 N'luk yük kullanılır. Numuneler Instron marka Ceast HV3 model üniversal tip cihaz kullanılarak ASTM D 1525 ve ISO 306 standardına uygun olarak 50 N yük ve 120 °C/h sıcaklık artışı ile gerçekleştirildi.

3.9. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

DSC, (Diferansiyel taramalı kalorimetri) numunenin ve referans sıcaklığını artırmak için gereken ısı miktarındaki farkın sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçüldüğü termoanalitik bir tekniktir. Plastik malzemenin kristallenme, erime ve camsı geçiş sıcaklıkları gibi değerlerin bulunması amacıyla kullanılır. DSC testinin amacı numune içerisinde termoplastikler ve termoset plastikler gibi polimerlerin termal analiz yolu ile hangi malzeme olduğunun tespiti yapılmaktadır. Numuneler Şekil 3.9.'da görülen NETZSCH DSC 214 Polyma marka cihaz ile test edildi.



Şekil 3.9. NETZSCH DSC 214 Polyma marka DSC ölçüm cihazı

3.10. Parlaklık (Gloss) ölçümü

Parlaklık ölçüm cihazları içerisinde bulunan ışık kaynağından çıkan ışık demeti yüzeyden belirli bir açı ile (20, 60, 85° v.b) glosmetre içerisinde bulunan sensörlere yansır. Değerlendirme; yüzeyde yansıyan ışığın miktarı, cihaz kaynağından gelen ışığın miktarına olan oranı ölçülür. Sonuç olarak çıkan sayısal değer bir parlaklık birimi olan Gloss Unit (G.U) değerine çevrilir. Numunelerin Gloss (Parlaklık) ölçümleri Şekil 3.10.'da ISO 2813 standartında Micro Gloss 60° (Orta parlaklıkta ölçüm) cihazında yapılmıştır.



Şekil 3.10. Micro Gloss 60° (orta parlaklık) ölçüm cihazı

3.11. Renk ölçümü (CIE L*a*b* renk sistemi)

Hazırlanan numunelerin renk ölçümü, Şekil 3.10'da verilen Konika Minolta marka CM-2500d model portatif spektrometre cihazda CIE L*a*b* Renk Sistemi kullanılarak yapılmıştır. CIE renk sistemi 1931 yılında CIE (Commission Internationale del 'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Kurumu) tarafından geliştirilmiştir. CIE renk sisteminde, renk dağılımı daha düzgün ve hassas bir sıralama ile yapılması, sistemi renk ile ilgili araştırmalarda en sık kullanılan renk modellerinden biri haline getirmiştir. Şekil 3.11.'de gösterildiği gibi; ölçüm sisteminde renk üç boyut ile ifade edilmektedir. Bu boyutlar:

L*:Rengin parlaklığı (0: Siyah, 100: Beyaz),

a*:Kırmızılık Yeşillik (-60: Yeşil, +60: Kırmızı),

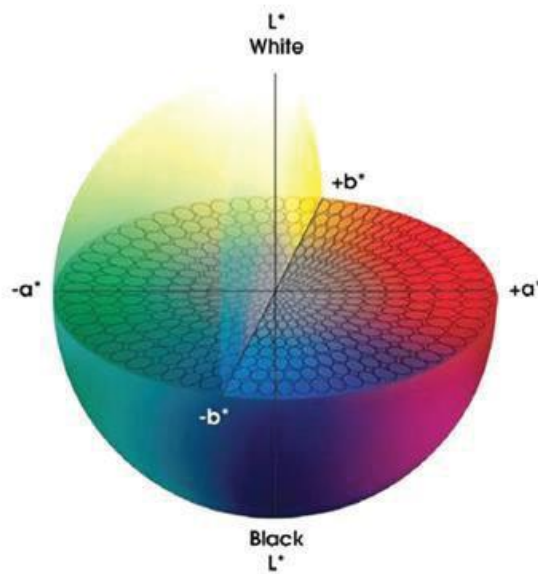
b*:Sarılık Mavilik (-60: Mavi, +60: Sarı)

şeklinde ifade edilebilir. Bu renk sisteminde iki nesnenin renk farkını tek bir değerle ifade etmek için aşağıdaki verilen Eş.1. bağıntısı kullanılmaktadır. Bu bağıntıda verilen; ΔL^* =İki nesnenin L* değerleri arası farkı, Δa^* =İki nesnenin a* değerleri arası farkı ve Δb^* =İki nesnenin b* değerleri arası farkı ifade etmektedir [19]

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (Eş.1)$$



Şekil 3.11. Konica Minolta marka CM-2500d model portatif spektrometre cihazı



Şekil 3.12. CIE L*a*b* renk sistemi [19]

3.12. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme

Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope) yüksek çözünürlüklü görüntü elde etmek için, vakum ortamında oluşturulan ve aynı ortamda elektromanyetik lenslerle inceltiren elektron demeti ile incelenecek malzemeyi analiz etme imkânı sunan bir cihazdır. Mikroskopta oluşturulan resimler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışımlar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur. SEM görüntülemeleri Şekil 3.12’de görülen ZEISS SUPRA 40VP marka cihaz ile yapılmıştır.



Şekil 3.13. ZEISS SUPRA 40VP SEM görüntüleme cihazı

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Çekme testi sonuçları

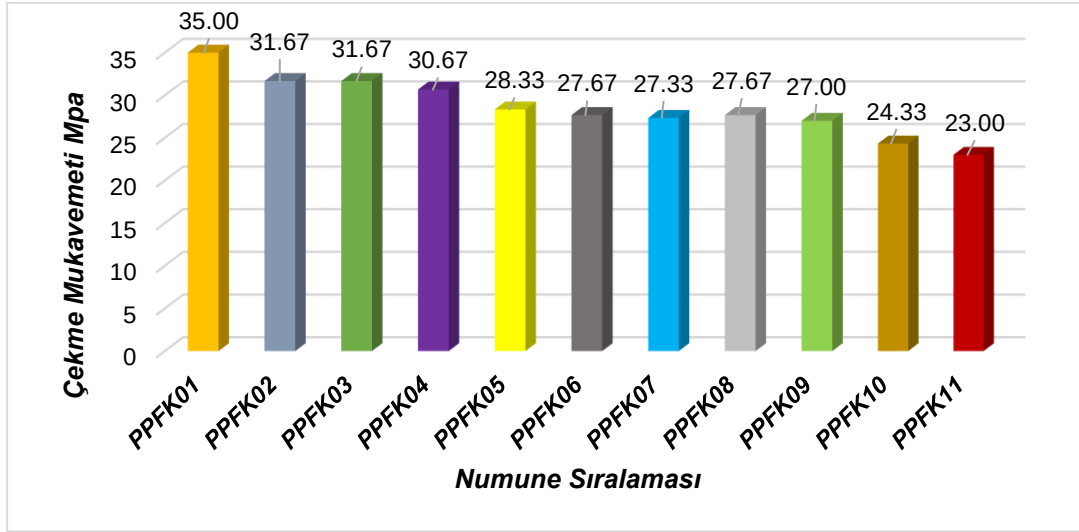
Çekme testlerine ait sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir. Çekme mukavemet değerleri Şekil 4.1’de, çekme elastisite modülleri Şekil 4.2’de grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.1. Çekme testi sonuçları

Numune Kodu	Çekme Mukavemeti (MPa)	St. Sapma	Elastisite Modülü (MPa)	Kopma Mukavemeti (MPa)	St. Sapma	Kopma Uzunluğu (%)	St. Sapma
PPFK01	35,00	0,20	1802 ± 42	16,11	2,16	84,57	1,20
PPFK02	31,67	0,58	2457 ± 463	23,00	2,65	8,92	1,56
PPFK03	31,67	0,58	2550 ± 233	25,00	3,79	11,98	4,10
PPFK04	30,67	0,58	2196 ± 1202	27,00	1,00	5,44	1,26
PPFK05	28,33	0,58	3080 ±131	27,00	0,58	3,66	0,90
PPFK06	27,67	0,58	2220 ±180	25,00	0,58	3,62	0,84
PPFK07	27,33	0,58	2193 ±76	25,00	0,00	5,70	0,12
PPFK08	27,67	0,58	2163 ±191	26,00	0,58	4,95	0,57
PPFK09	27,00	0,00	2807 ±304	23,00	0,00	6,20	1,91
PPFK10	24,33	0,58	2580 ±421	18,00	2,52	10,44	6,80
PPFK11	23,00	0,00	2170 ±173	19,00	0,58	11,13	4,36

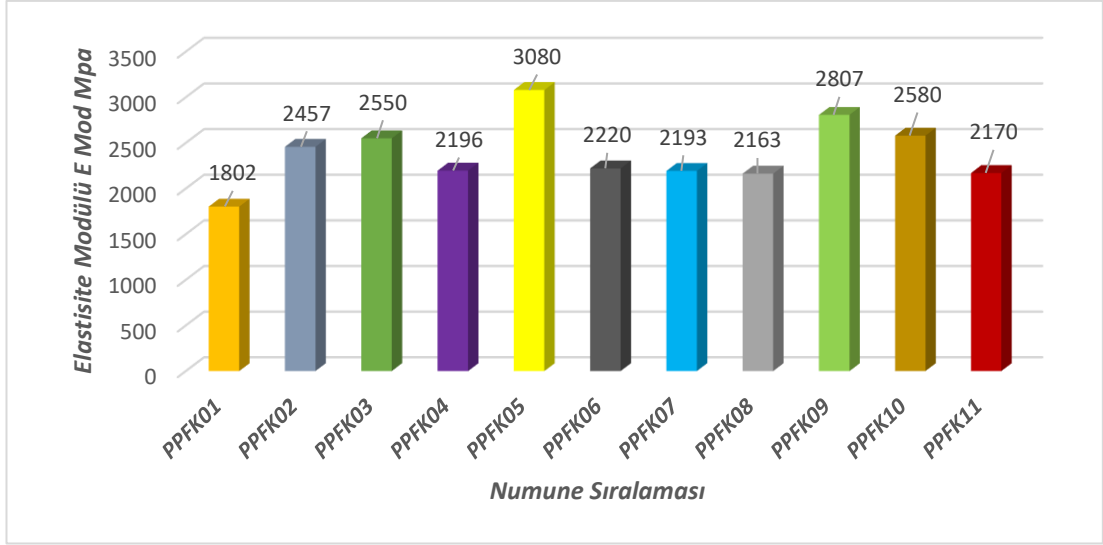
PPFK01 kodlu (referans) saf PP malzemenin çekme mukavemet değeri 35 MPa olarak elde edilmiştir. Verilen değerin üreticinin TDS’te belirttiği değerle uyumlu olduğu görülmüştür. Matris PP malzeme içerisinde fındık kabuğu eklendiğinde, çekme mukavemet değerinin düştüğü, çekme elastisite modülünün arttığı ve kopma uzaklarının düştüğü tespit edilmiştir. Karışıma SEBS eklendiğinde, çekme mukavemet değerlerinin düştüğü, SEBS eklenen üç numunede (PPFK06, PPFK07, PPFK08) mukavemet değerlerinin birbirine yakın olduğu görüldü. Karışıma SEBS-g-MA eklendiğinde, elde edilen çekme mukavemet değerleri SEBS katkısına oranla

azalmıştır. SEBS-g-MA katkısı içinde çekme mukavemetinin en yüksek gelen değeri katkının %3 olduğu PPFK09 kodlu numunede elde edilmiştir. Karışım içerisindeki SEBS ve SEBS-g-MA oranı arttıkça genel olarak çekme mukavemeti değerleri olumsuz olarak etkilenmektedir.



Şekil 4.1. Çekme mukavemet değerlerinin karşılaştırılması

PPFK01 kodlu (referans) numune çekme elastisite modülü değeri 1802 MPa olarak elde edilmiştir. Matris PP malzeme içerisine fındık kabuğu eklendiğinde, çekme elastisite modülü değerinin referans numuneye göre arttığı gözlemlenmiştir. FK ilave edildiğinde, en yüksek çekme elastisite modülünün %20 FK ilaveli PPFK05 numaralı karışımda olduğu bulunmuştur. Fındık kabuğu ilavesi %20 ve SEBS'in sırasıyla %3, %6, %9 artan oranlarla karışıma dahil edildiği numunelerde çekme elastisite modül değeri, yalnızca FK katkılı numunelere oranla daha düşük olduğu tespit edildi. Eşit oranda fındık kabuğu olan karışımlara farklı oranlarda SEBS ilave edildiğinde, çekme elastisite modül değerinin SEBS olmayan karışımlara göre düştüğü bulunmuştur. Eşit oranda fındık kabuğu eklenen karışımlarda farklı oranlarda SEBS-g-MA ilave edildiğinde çekme elastisite modül değerinin SEBS-g-MA olmayan karışımlara göre arttığı tespit edilmiştir. Hem SEBS hem de SEBS-g-MA katkısı için en iyi sonuç katkı oranının %3 olduğu numunelerde (PPFK06 ve PPFK09) elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Elastisite modülü değerlerinin karşılaştırılması

4.2. Üç nokta eğme testi sonuçları

Üç nokta eğme testi sonuçları Tablo 4.2.'de verilmiştir. Tablo'da verilen sonuçlar incelendiğinde, PPFK01 kodlu referans numune eğme mukavemet değeri 52 MPa olarak bulunmuştur. Diğer numuneler incelendiğinde FK eklenmiş olan karışımlarda mukavemet değerleri artmış ve ortalama değer yaklaşık olarak 60 MPa olarak elde edilmiştir.

Numunelerde SEBS ve SEBS-g-MA oranı arttıkça, karışımda sadece FK olan PPFK05 kodlu numuneye oranla, eğme mukavemet değeri bir miktar düşsede referans numuneye yakın değerde elde edilmiştir. PPFK11 numaralı %20 fındık kabuğu, %9 SEBS-g-MA bulunan karışımda en düşük eğme mukavemet değeri (referans değerinin altında) 49.9 MPa olarak gerçekleştiği görülmüştür.

Referans PPFK01 kodlu numune eğme elastisite modülü 2019 MPa olarak ölçülmüştür. Numunelerin içerisinde fındık kabuğu katkı oranı arttıkça, eğme elastisite modülü artış göstererek 2400 MPa olarak gerçekleştiği tespit edildi. Numuneler içerisinde fındık kabuğu oranı eşit ancak SEBS ve SEBS-g-MA oranı arttıkça eğme elastisite modülü sadece fındık kabuğu eklenen numunelere göre azaldığı tespit edilmiştir. Tüm numunelerde farklı oranlarda eklenen katkıların referans numuneye göre eğme elastisite modülünü arttırdığı görülmüştür.

Tablo 4.2. Üç nokta eğme testi sonuçları

Numune Kodu	Eğme Mukavemeti (MPa)	St. Sapma	Eğme Elastisite Modülü (MPa)	Maksimum Kuvvette Eğilme (mm)	St. Sapma
PPFK01	52,07	0,55	2019 ± 47	12,64	0,14
PPFK02	60,80	0,29	2000 ± 43	10,54	0,40
PPFK03	60,50	1,47	2300 ± 40	10,09	0,27
PPFK04	58,60	0,53	2100 ± 38	8,88	0,16
PPFK05	57,50	0,79	2400 ± 57	8,68	0,17
PPFK06	58,40	0,65	2200 ± 43	9,09	0,03
PPFK07	52,90	0,35	1900 ± 23	9,88	0,10
PPFK08	56,70	0,43	2100 ± 29	9,86	0,21
PPFK09	57,20	1,15	2400 ± 60	8,62	0,25
PPFK10	54,00	0,28	2200 ± 70	8,70	0,66
PPFK11	49,90	0,60	2100 ± 21	8,75	0,29

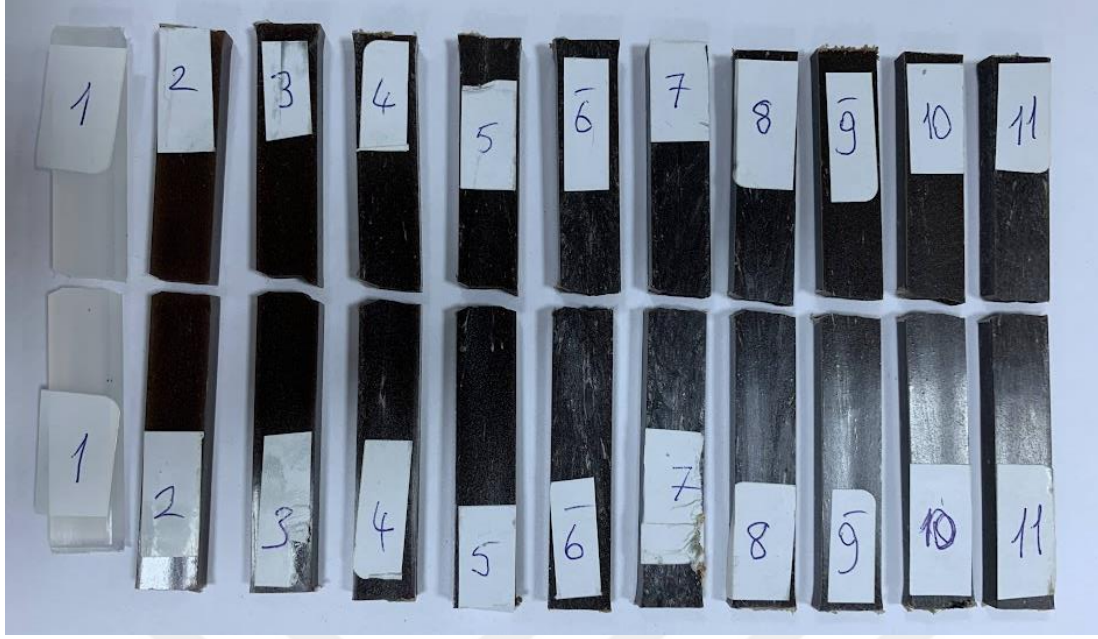
4.3. Darbe testi sonuçları

Izod darbe testlerine ait sonuçlar Tablo 4.3'te toplu şekilde verilmiştir. Saf PP'ye ait darbe mukavemeti 5,89 kJ/m² olarak ölçülmüştür. Karışımda FK oranı arttıkça darbe mukavemet değerinin azaldığı görülmüştür. FK oranı %5 olduğunda saf malzemeye oranla darbe mukavemeti %20 oranında azalmıştır. FK oranı %10 olduğunda saf malzemeye oranla darbe mukavemeti %27 oranında, %5 FK katkısına oranla ise %9 oranında azalmıştır. FK oranı %15 olduğunda saf malzemeye oranla darbe mukavemeti %44 oranında, %5 FK katkısına oranla %30, %10 FK katkısına oranla ise %23 oranında azalmıştır. FK oranı %20 olduğunda saf malzemeye oranla darbe mukavemeti %47 oranında, %5 FK katkısına oranla %34, %10 FK katkısına oranla %28 oranında, %15 FK katkısına oranla %6 oranında azalmıştır. Karışıma SEBS eklendiğinde PPFK07 kodlu (FK oranı %20) numuneye oranla darbe mukavemet değerlerinin arttığı, en iyi darbe mukavemet değerinin %6 SEBS katkılı numunede

elde edildiği görülmüştür. Benzer şekilde karışıma SEBS-g-MA eklendiğinde PPFK07 kodlu (FK oranı %20) numuneye oranla darbe mukavemet değerlerinin arttığı, en iyi darbe mukavemet değerinin %6 SEBS-g-MA katkılı numunede elde edildiği görülmüştür. SEBS ve SEBS-g-MA oranı için en iyi katkı oranının %6 olduğu bu orandan sonra darbe mukavemetinin düştüğü tespit edilmiştir. SEBS ve SEBS-g-MA açısından kendi içerisinde bir değerlendirme yapıldığında en iyi darbe mukavemetinin SEBS-g-Ma katkılı numunelerde elde edildiği ve MA katkısının arayüzey özelliklerini iyileştirerek darbe mukavemetini arttırdığı düşünülmektedir. Literatürdeki çalışmalarla elde edilen sonucun uyumlu olduğu görülmüştür. Şekil 4.3'te darbe testi sonucunda kırılma şekilleri görülmektedir.

Tablo 4.3. Izod darbe testi sonuçları

Numune Kodu	Izod Darbe Dayanım (Çentikli 23°C) (Kj/m ²)	Standard Sapma
PPFK01	5.89	0.21
PPFK02	4.69	1,11
PPFK03	4,30	1,58
PPFK04	3.30	1,56
PPFK05	3.10	0,12
PPFK06	3.67	0,12
PPFK07	4.17	0,62
PPFK08	4.88	0,24
PPFK09	3,86	0,04
PPFK10	5,26	0,23
PPFK11	8,19	0,08



Şekil 4.3. Darbe testi sonucunda numunelerin kırılma şekilleri

4.4. Sertlik ölçüm sonuçları

Sertlik ölçümünde, her bir numune üzerinden ölçümler alındı. Ortalama ölçüm değerleri Tablo 4.4’de gösterilmiştir. Sertlik sonuçları incelendiğinde tüm karışımlar için kayda değer oranda bir değişim gözlemlenmemiştir. Fındık kabuğu oranı artmış sertliği bir Shore D oranında azaltmıştır. SEBS ve SEBS-g-MA’nın sertlik değerlerini kısmı olarak düşürdüğü gözlemlenmiştir. SEBS ve SEBS-g-MA katkı oranları açısından sertlik ölçüm sonuçları benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.4. Sertlik ölçüm test sonuçları

Numune Kodu	Sertlik Shore D
PPFK01	76
PPFK02	80
PPFK03	80
PPFK04	80
PPFK05	79
PPFK06	79
PPFK07	78
PPFK08	78
PPFK09	79
PPFK10	78
PPFK11	78

4.5. Yoğunluk ölçüm sonuçları

Yoğunluk testi sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. PPFK01 referans numunesinin yoğunluk ölçüm sonucu malzemenin TDS değerleri ile uyumlu olduğu tespit edildi. Matris malzemesine fındık kabuğu eklenmesi ile hazırlanan numunelerin yoğunluğunda artış gözlenmiştir. Yoğunluğun, matris içerisinde %20 FK ve %9 SEBS olan PPFK08 numaralı numunede en yüksek değere ulaştığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.5. Yoğunluk ölçüm test sonuçları

Numune Kodu	Yoğunluk (g/cm ³)
PPFK01	0.90
PPFK02	0.92
PPFK03	0.93
PPFK04	0.96
PPFK05	0.96
PPFK06	0.97
PPFK07	0.98
PPFK08	0.99
PPFK09	0.95
PPFK10	0.96
PPFK11	0.97

4.6. VICAT Yumuşama sıcaklığı ölçüm sonuçları

HDT Vicat B yumuşama sıcaklığı testine ait sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir. Fındık kabuğu ilave edilen numunelerde Vicat B sıcaklık değeri referans numuneye göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Fındık kabuğu oranı arttıkça Vicat B sıcaklık değeri de belli oranda artış göstermiştir. Belli oranlarda fındık kabuğu karışımlı numunelere artan oranlarda SEBS ve SEBS-g-MA eklendiğinde vicat B sıcaklık değerinde sadece fındık kabuğunun olduğu numunelere göre düşme görülmüştür. Katkılı numunelerin tümünde, katkısız referans numuneye göre artış gözlemlenmiştir.

Tablo 4.6. HDT Vicat B yumuşama sıcaklığı ölçüm test sonuçları

Numune Kodu	Ortalama Sıcaklık (°C)
PPFK01	90.13
PPFK02	110.28
PPFK03	110.30
PPFK04	112.43
PPFK05	108.44
PPFK06	109.67
PPFK07	106.79
PPFK08	101.14
PPFK09	107.48
PPFK10	104.03
PPFK11	101.91

4.7. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) sonuçları

DSC testi sonuçları Tablo 4.7’de topluca verilmiştir. Fındık kabuğu, SEBS ve SEBS-g-MA katkılı numunlerin erime sıcaklıkları (T_m) referans malzemeye ait erime sıcaklığı 168,54 °C nın üzerinde değerde olduğu tespit edilmiştir. Fındık kabuğu oranı arttıkça belirgin olarak erime sıcaklığı artışı veya düşüşü görülmemiş birbine yakın değerler tespit edilmiştir. Yine fındık kabuğu SEBS, SEBS-g-MA katkılı numunelerde oranların artmış olması erime sıcaklığında kayda değer değişiklik göstermemiştir. SEBS ve SEBS-g-MA katkılarının erime sıcaklıkları üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.7. DSC sonuçları

Numune Kodu	Erime Sıcaklığı T _m (°C)
PPFK01	168.54
PPFK02	170.2
PPFK03	168.4
PPFK04	170
PPFK05	168
PPFK06	169.3
PPFK07	172
PPFK08	169.2
PPFK09	170
PPFK10	170
PPFK11	169.2

4.8. Parlaklık (Gloss) ölçümü sonuçları

Parlaklık ölçüm sonuçları Tablo 4.8’ de verilmiştir. Parlaklık seviyeleri ve değerlendirmeler Tablo 4.9’ da belirtilmiştir. Yapılan parlaklık ölçümleri sonucunda referans numunenin ölçülen parlaklık değeri 66,2 GU bulunmuş olup, Tablo 4.8’e göre yarı parlak sınıfında olarak nitelendirilmiştir. PP matris içerisine fındık kabuğu ilavesinde (FK %20) GU değerinde %50 oranında azalma, görülmüştür. Fındık kabuğu kompozit malzemede matris malzeme yüzeyinde oluşturduğu pürüzlülük nedeni ile referans parlaklığın düştüğü tespit edilmiştir. PP matris Fındık kabuğu içeren kompozit malzeme içerisine ilave edilen SEBS (%3) GU değerinin referans numuneye göre minimum %62 oranında düşürdüğü ölçülmüştür. SEBS oranı arttıkça (%3-6-9) GU değeri azalmış ve malzeme yüzeyi parlak yüzeyden mat yüzeye doğru geçiş ölçülmüştür. Aynı zamanda kompozit içerisine SEBS-g-MA eklendiğinde SEBS in

etkilerine benzer matlaşma etkisi göstermiş parlaklık azalmıştır. PPFK11 numaralı kompozit karışımında (%20 FK, %9 SEBS-g-MA) GU değeri referans numuneye göre % 173 oranında azalarak yarı mat hale geldiği gözlemlenmiştir. Yapılan parlaklık ölçümü sonucunda numuneler referans numuneden başlayarak Tablo 3.13’de görüldüğü üzere yarı parlak sınıftan, yarı mat sınıfına kadar değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.8. Parlaklık ölçüm sonuçları

Numune Kodu	Gloss	Standart Sapma
PPFK01	66,2	0,3
PPFK02	61,6	2,4
PPFK03	53,5	0,4
PPFK04	48,0	0,2
PPFK05	44,1	0,6
PPFK06	40,9	1,3
PPFK07	37,6	0,2
PPFK08	36,3	1,2
PPFK09	35,5	1,0
PPFK10	32,4	2,2
PPFK11	24,2	0,2

Tablo 4.9. Parlaklık seviyeleri ve karşılık gelen değerlendirmeler

Parlaklık Sınıfı	60°'de ölçülen Parlaklık (Gloss)	Parlaklığa Karşılık Gelen Benzetim
Mat	En fazla 5 GU	Geleneksel mat
Mat	En fazla 10 GU	Kadifemsi
Yarı mat	10 – 25 GU	Yumurta kabuğu
İpek mat	25 – 35 GU	İpek mat
İpek mat	35 – 65 GU	Yarı parlak
Yarı parlak	70 – 80 GU	Yarı parlak
Parlak	80 – 85 GU	Parlak
Çok parlak	85 GU'dan fazla	Çok parlak

4.9. Renk ölçüm (CIE L*a*b* renk sistemi) sonuçları

Renk ölçümünde fındık kabuğunun L* değeri 29,50, a* değeri 3,46, b* değeri 3,35 olarak ölçülmüştür. Renk ölçümünde fındık içinin L* değeri 31,18, a* değeri 9,83, b* değeri 14,56 olarak ölçülmüştür. Fındık kabuğu katkılı numunelerin ölçümüne ait ekran görüntüleri Ek.1'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarında tüm numuneler için elde edilen L*, a*, b* değerleri ve fındık içi rengi ile bu değerlerin karşılaştırılmasından elde edilen dL*, da*, db*, dE*ab değerleri Tablo 4.9'da topluca verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, fındık kabuğu katkı miktarı arttıkça, iki renk arasındaki farkın giderek arttığı görülmektedir. Naturel PP'ye %5 oranında eklenen fındık kabuklarıyla oluşan yeni renk fındık kabuğunun nispeten açık olan rengine daha yakın değerlerde elde edilirken, katkı oranı %10, %15 ve %20 değerine ulaştığında giderek farklılaşmaktadır. Hem fındık kabuğunun katkı miktarı içerisinde artan yoğunluğu hem de prosesten kaynaklanan karışımın yeni renginin mesafesi giderek referans alınan fındık kabuğu renginden uzaklaşmaktadır. Karışım içerisinde fındık kabuğu katkı miktarı arttıkça rengin koyulaştığı ancak fındık kabuğunun orijinal rengi ile arasında çok büyük mesafelerin oluşmadığı görülmektedir. Karışım içerisine %3/6/9 oranında eklenen SEBS ve SEBS-g-MA'da benzer şekilde %20 FK katılmış

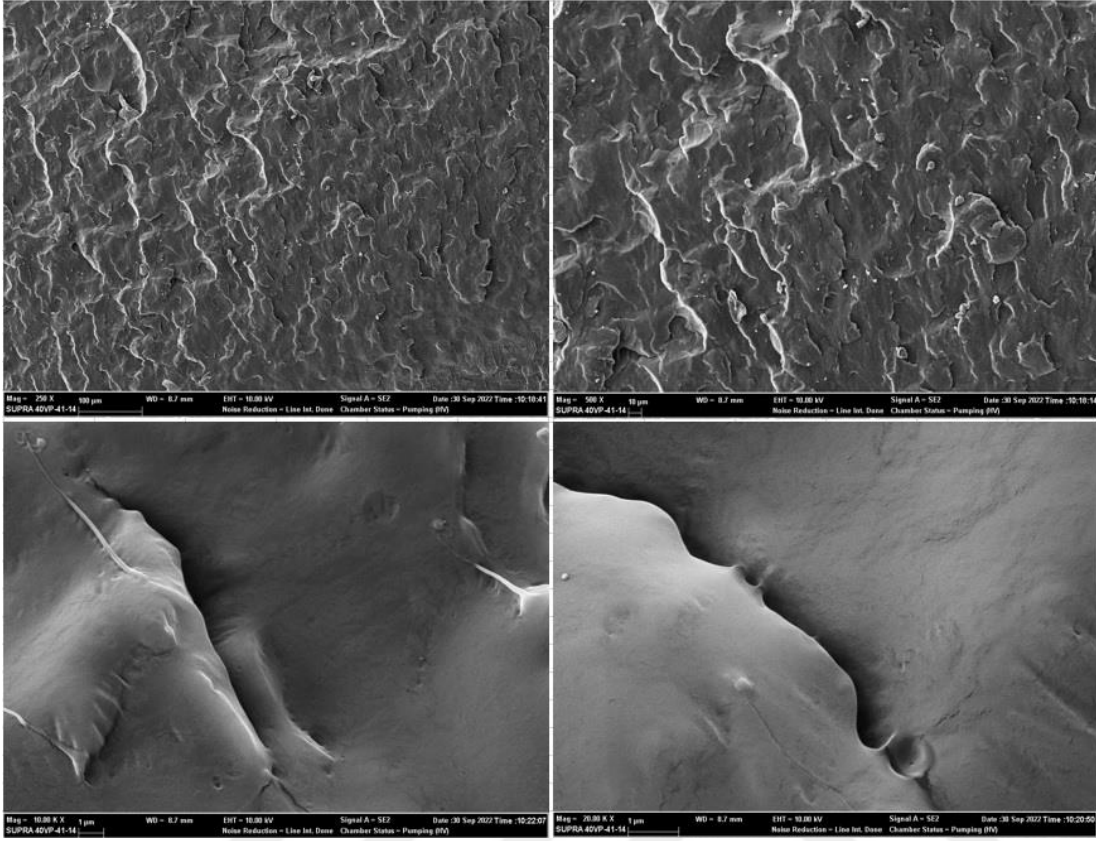
numuneye oranla numunelerin rengini koyulaştırmıştır. Referans renge göre yapılan ölçüm sonuçları bu durumu doğrulamaktadır.

Tablo 4.9. Renk ölçüm (CIE L*a*b* Renk Sistemi) test sonuçları

Numune Kodu	L*	a*	b*	dL*	da*	db*	dE*ab
Referans	29,50	3,46	3,35	-	-	-	-
PPFK02	29,51	3,43	3,37	0,01	-0,03	0,02	0,04
PPFK03	26,58	2,09	2,25	-2,92	-1,37	-1,10	3,40
PPFK04	27,28	2,80	2,70	-2,22	-0,66	-0,65	2,40
PPFK05	27,03	2,64	2,73	-2,47	-0,82	-0,62	2,68
PPFK06	29,53	1,58	1,51	0,03	-1,88	-1,84	2,63
PPFK07	26,91	1,57	1,33	-2,58	-1,88	-2,02	3,78
PPFK08	26,45	1,60	1,69	-3,04	-1,86	-1,66	3,94
PPFK09	27,61	2,65	2,71	-1,89	-0,81	-0,64	2,15
PPFK10	26,84	2,22	2,23	-2,66	-1,24	-1,12	3,14
PPFK11	26,39	2,47	2,47	-3,11	-0,99	-0,89	3,38

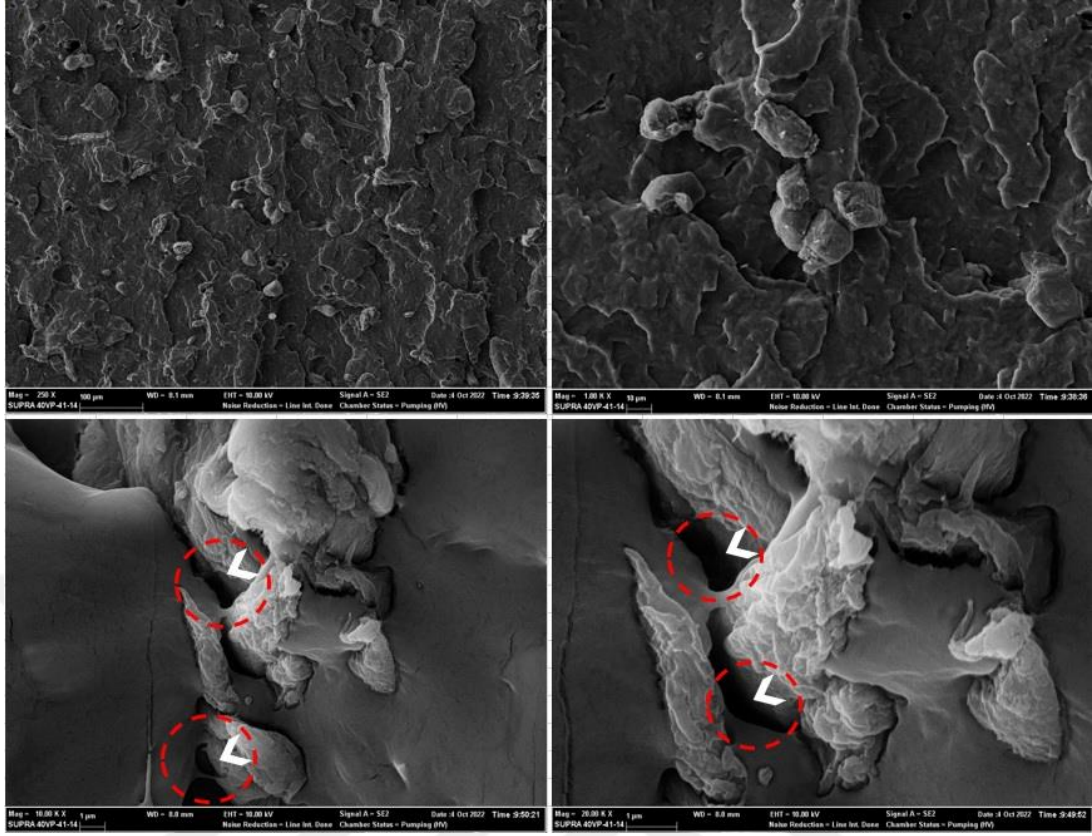
4.10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülemeleri

Numunelerin tümünden alınan SEM görüntüleri incelenmesinde; referans numuneye ait 250X, 500X, 10.000X ve 20.000X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.4’de verilmiştir. SEM görüntülerinde katkısız PP numunesinde sünek bir kırılma gözlemlenmektedir. Katkısız PP malzemenin düzenli dağılımının olması nedeni ile izod darbe, çekme mukavemeti sonuçları katkılı numunelere oranla daha yüksek değerlerde, eğme elastisite modülü, sertlik, Vicat B, yoğunluk değerlerinin yapılan testler sonucu düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.



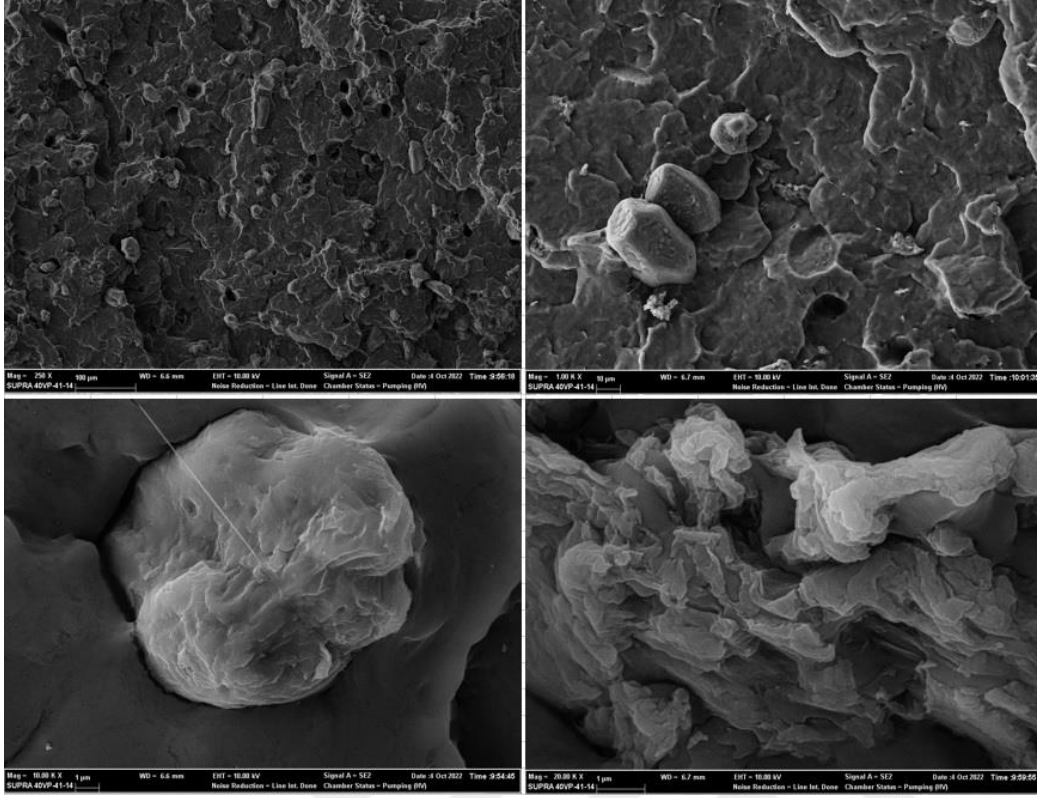
Şekil 4.4. Matris PP'nin (katkısız) 250X, 500X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.

Şekil 4.5' de verilen SEM görüntülemelerindeki yapılar incelendiğinde, matris malzeme içerisine %5 fındık kabuğu katkılı numunede, yapı içerisinde homojen bir dağılımın olduğu, matris malzeme PP ve FK arasında yer yer iyi bir ara yüzey etkileşimi olduğu ancak bazı bölgelerde (şekil 4.5. ve şekil 4.8 de kırmızı ile işaretlenmiştir) fındık kabuğu ile matris arasında boşluk oluşumları da görülmektedir.

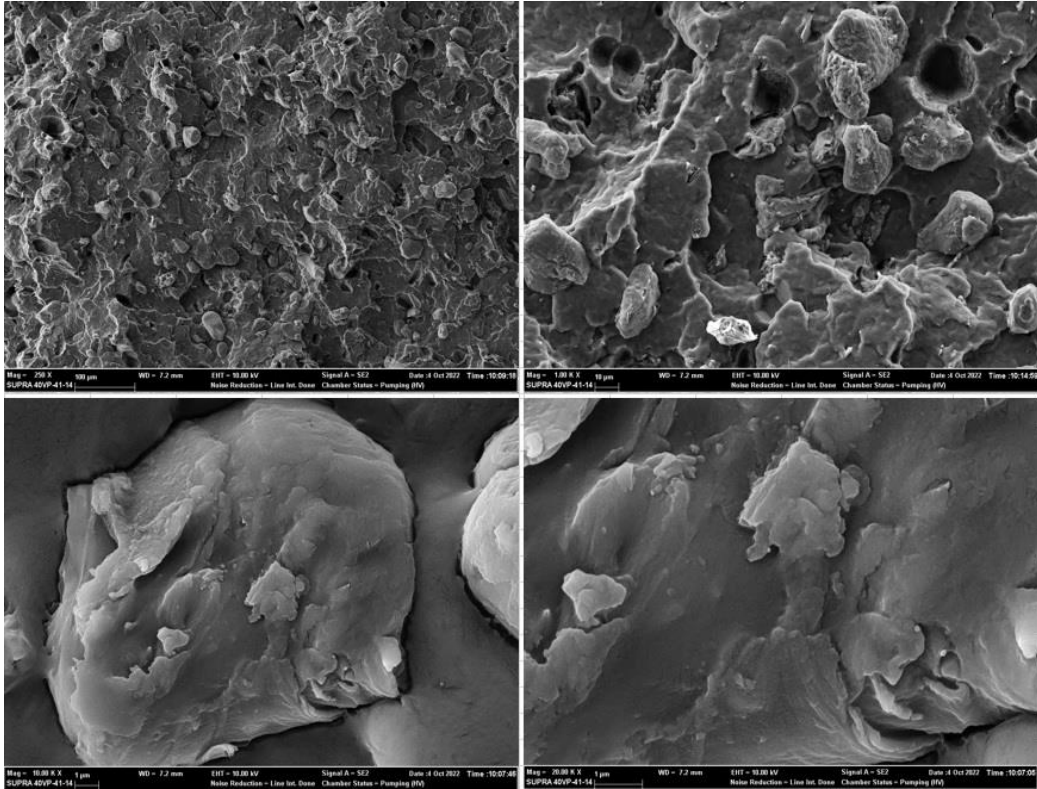


Şekil 4.5. PPFK02 numaralı numune 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenmiş mikro yapısı.

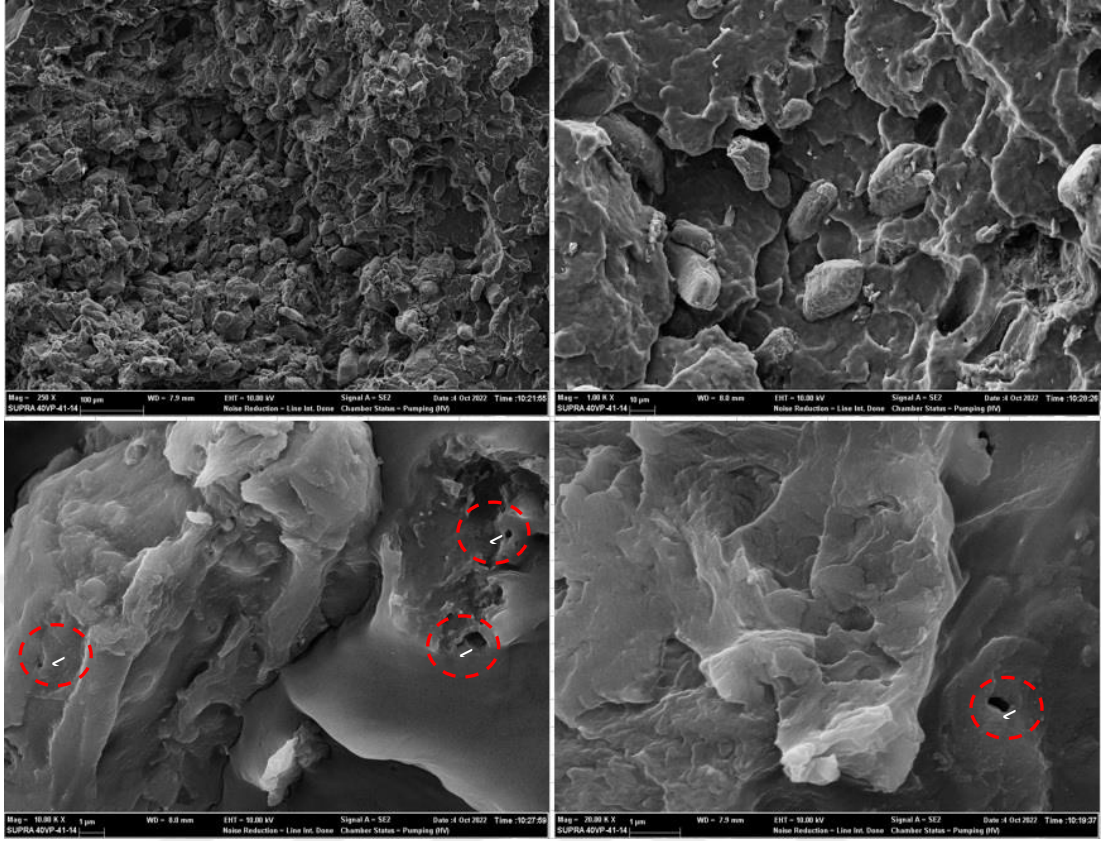
Şekil 4.6. PP matris %10 fındık kabuğu (PPFK03) , Şekil 4.7. PP matris %15 fındık kabuğu (PPFK04) , Şekil 4.8. PP matris %20 fındık kabuğu (PPFK05) şekillerinde görülen SEM görüntülemelerinde, bazı bölgelerde etkili bir ara yüzey etkileşimi olmaması nedeniyle çekme sonucunda fındık partiküllerinin yapı içerisinde sıyrılarak yüzeyde boşluklar oluşturduğu görülmektedir, bu da çekme ve darbe değerlerinde düşmeye neden olmaktadır. Bununla birlikte fındık kabuğunun lifli yapıda olması ve daha az sünek olması nedeniyle Şekil 4.5. de keskin kırılmalar görülmektedir.



Şekil 4.6. PPFK03 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.

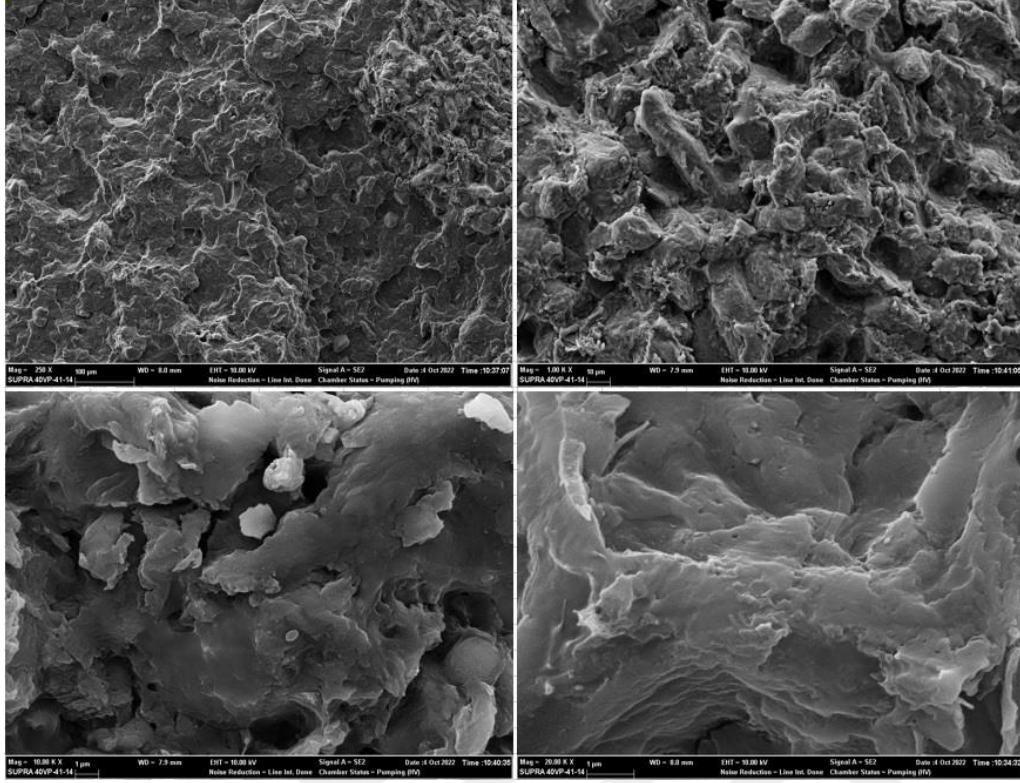


Şekil 4.7. PPFK04 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.

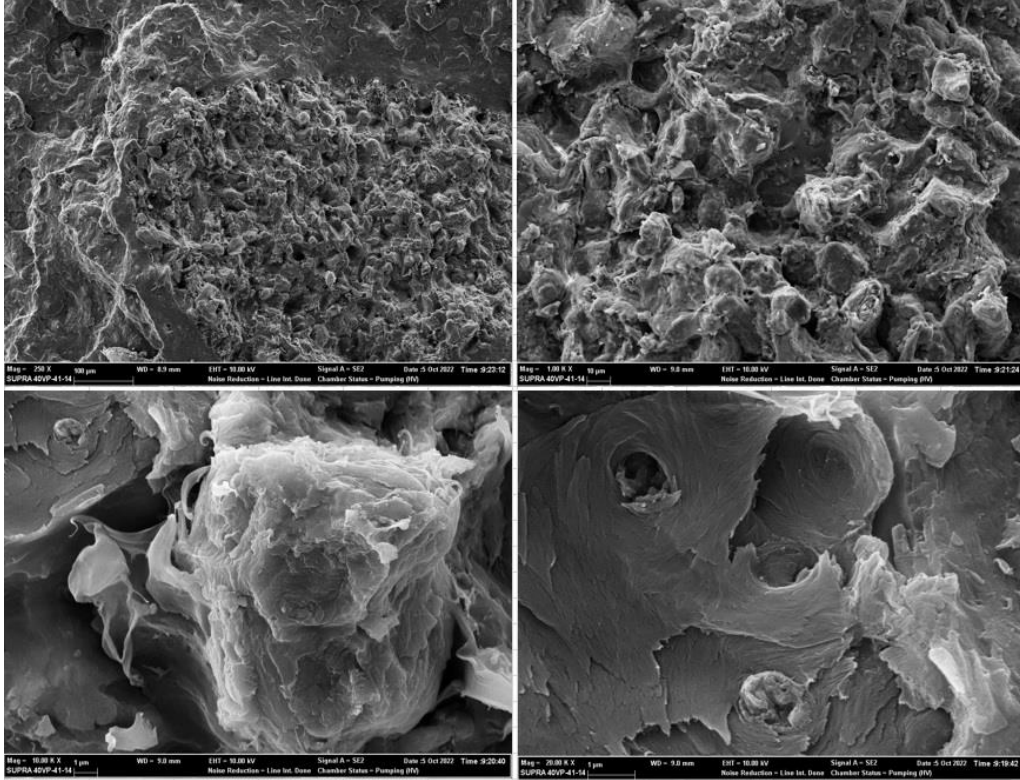


Şekil 4.8. PPFK05 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.

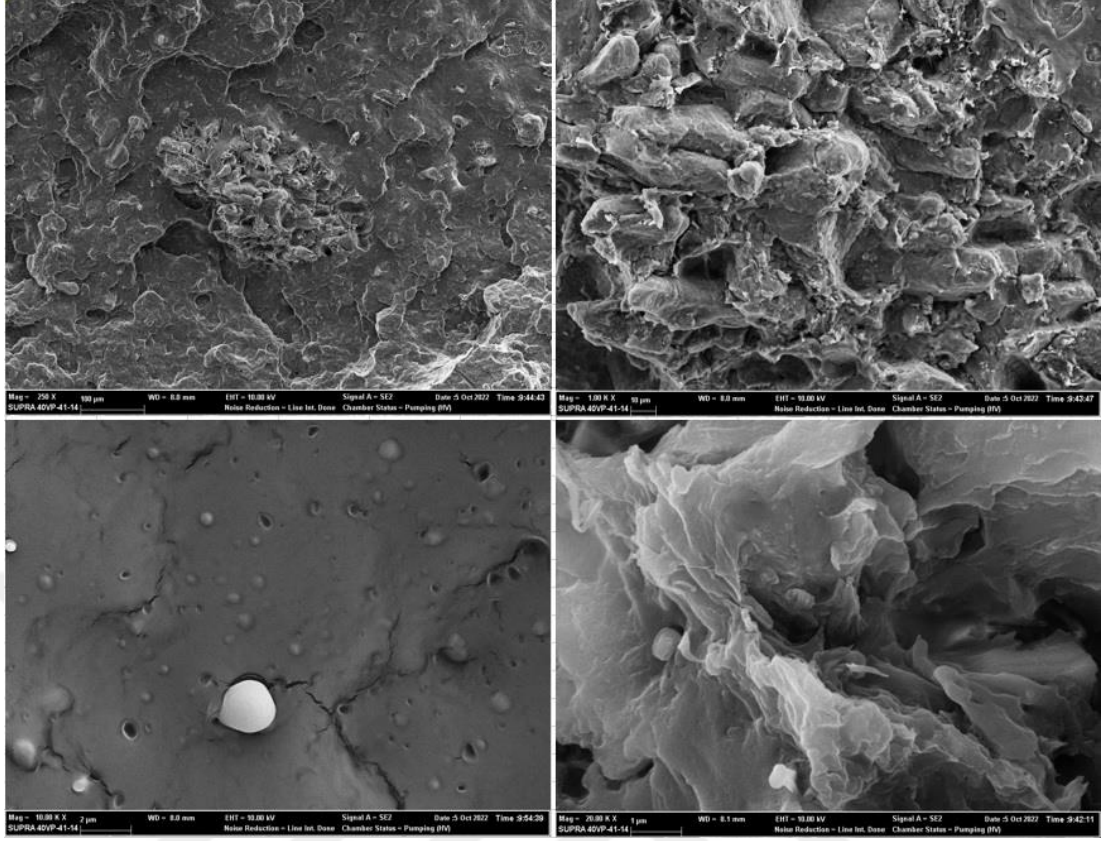
PP malzeme içerisine %20 FK ve %3 SEBS katkıları eklendiğinde matris içerisinde homojen bir dağılımın gerçekleştiği, matris ve SEBS arasında oran arttıkça ara yüzey etkileşiminin azalmış olduğu ve önceki numune yapılarına göre boşlukların arttığı görülmüştür. Şekil 4.9, şekil 4.10, şekil 4.11’de SEBS oranının artmasıyla birlikte (%3-6-9) SEBS’in etkisiyle sünek kırılma yüzeyleri ve katmanlı yapının oluştuğu görülmüştür. Homojen dağılımın ve etkili ara yüzey etkileşiminin sonucu olarak izod darbe dayanımı, sadece FK katkılı numunelere göre yaklaşık bir birim arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. PPFK06 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.

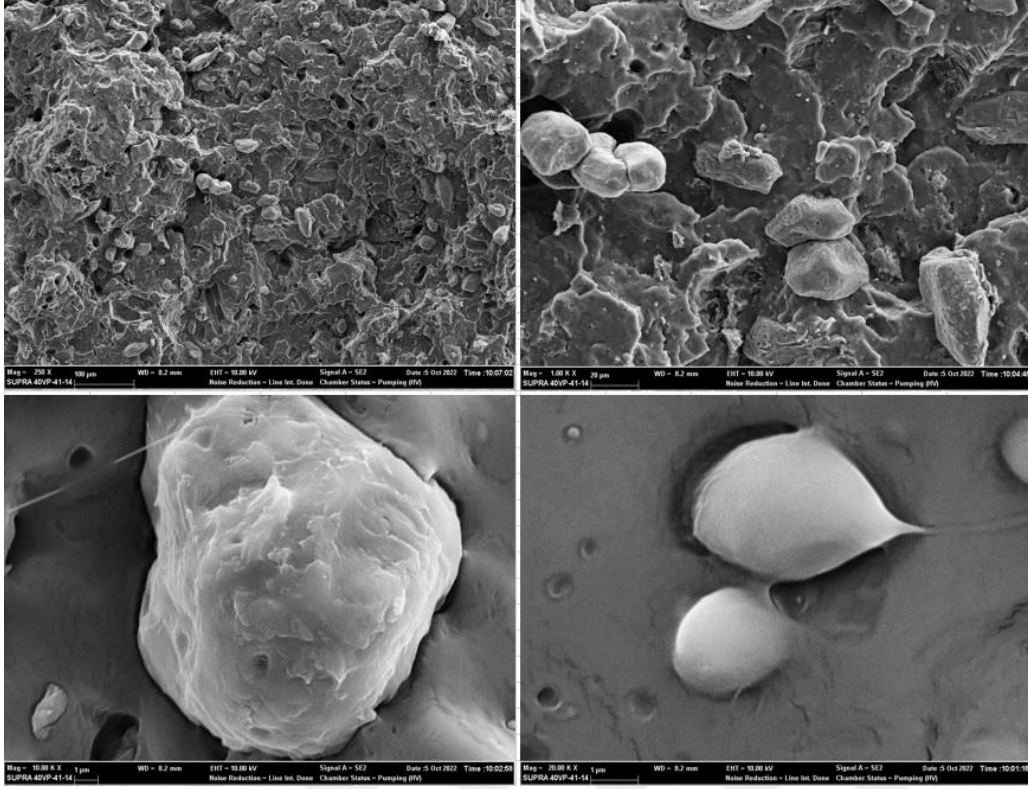


Şekil 4.10. PPFK07 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.

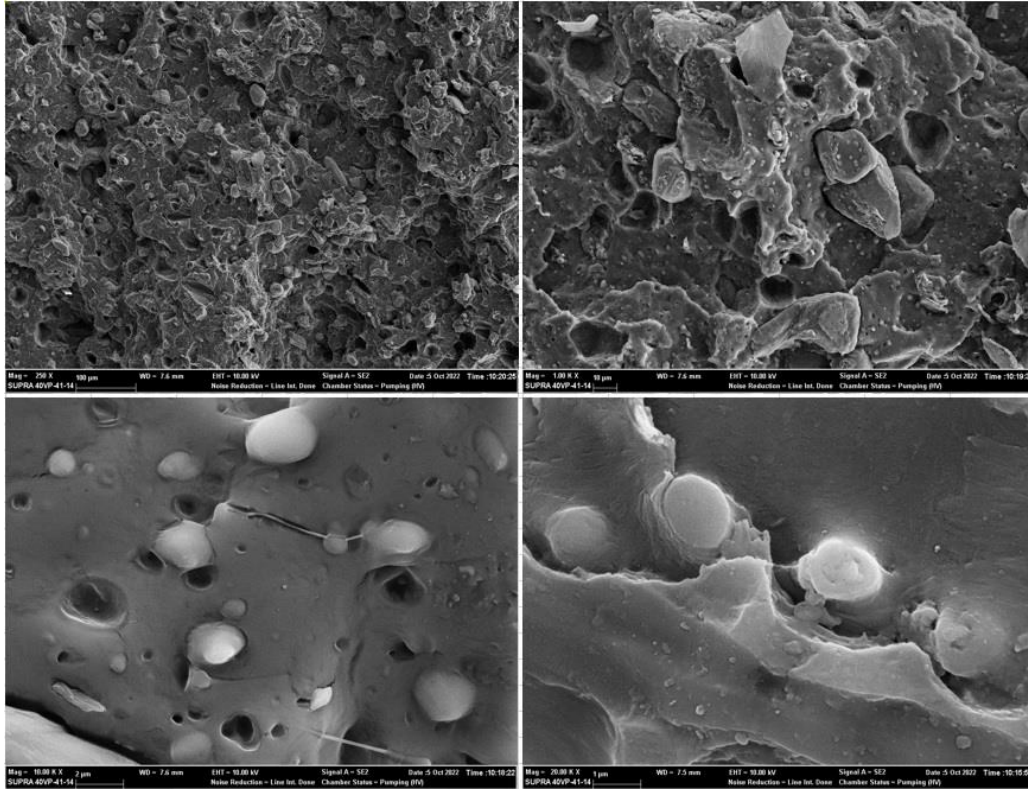


Şekil 4.11. PPFK08 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.

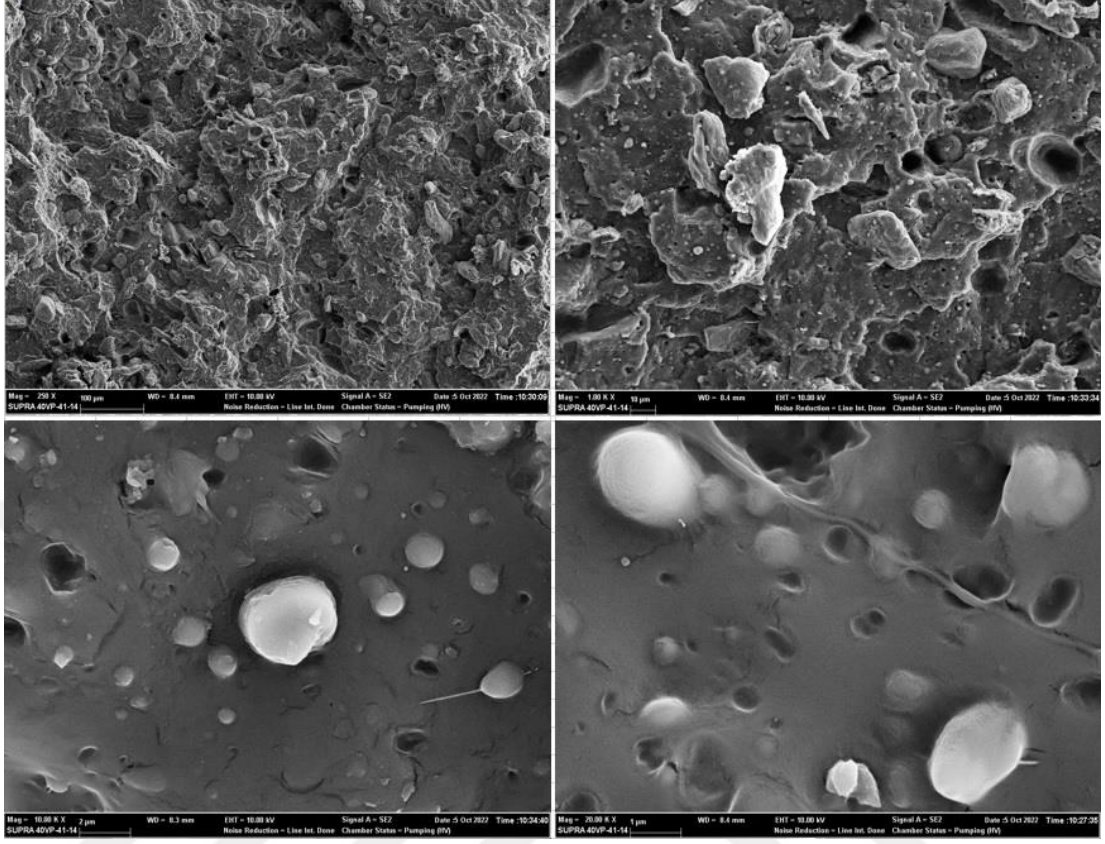
Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14’ de PP matris %20 fındık kabuğu ve % 3-6-9 oranlarında SEBS-g-MA eklenen kompozit yapının SEM görüntüleri incelendiğinde homojen bir dağılımın görülmesinin yanısıra belirli bölgelerde etkili bir ara yüzey etkileşimi olmaması nedeniyle fındık kabuğu ve SEBS-MA partiküllerinin yapı içerisinde bıraktıkları boşluklar görülmektedir. Etkili bir arayüzey etkileşiminin gerçekleştirilememiş olması çekme ve darbe değerlerinde düşmeye neden olmaktadır.



Şekil 4.12. PPFK09 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.



Şekil 4.13. PPFK10 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenene mikro yapısı.



Şekil 4.14. PPFK11 numaralı numune, 250X, 1000X, 10.000X, 20.000X büyütme ile görüntülenen mikro yapısı.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada; PP matris içerisine farklı oranlarda tarımsal bir atık olan ve ekonomik olarak değerlendirme çalışmaları henüz yapılmadığı için yakacak olarak kullanılan FK, SEBS, SEBS-g-MA katılarak, farklı bileşimlere sahip yeşil kompozitler üretilmiştir. Elde edilen yeşil kompozitlerin mekanik özellikleri, termal özellikleri ve mikroyapı incelemelerinin yanında, renk ve parlaklık ölçümleri de yapılarak fındık kabuğunun doğal bir renklendirici olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Matris malzemesi olarak PP'nin kullanıldığı birbirinden farklı oranlarda fındık kabuğu, SEBS, SEBS-g-MA katkıları ile hazırlanmış olan karışımlar ilk olarak ekstrüzyon yöntemiyle granül haline getirilmiş ve daha sonra enjeksiyon yöntemiyle test numuneleri üretilmiştir.
2. Referans numuneye ait teknik speclerde belirtilen sonuçlar ile yapılan test sonuçları birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.
3. PP matris içerisine eklenen FK, SEBS ve SEBS-g-MA katkılarının ısı ve mekanik özellikler üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir.
4. PP matris içerisinde FK katkısı çekme mukavemetini olumsuz yönde etkilemiştir. FK oranı arttıkça çekme mukavemeti değeri düşmüştür. Karışıma eklenen SEBS ve SEBS-g-MA katkıları da çekme mukavemeti üzerinde olumlu bir etki göstermeyerek referans numuneye göre düşme göstermiştir. SEBS'e oranla SEBS-g-MA'nın çekme mukavemeti üzerindeki olumsuz etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.
5. PP matris içesine FK ilave edildiğinde çekme elastisite modülünde beklenen artış gözlenmiştir. Matris PP ve FK karışımına SEBS eklendiğinde sadece FK katkısı olan numunelere göre daha düşük elastisite modül değeri gözlenmiştir. Karışıma SEBS-g-MA eklenmesiyle birlikte yalnızca SEBS eklenen karışımlara göre daha yüksek çekme elastisite modül değeri gözlenmiştir.
6. Matris malzeme içerisine FK'nın eklenmesiyle eğme mukavemeti değerinde referans PP numuneye göre artış göstermiştir. Karışım içerisine SEBS eklenmesiyle birlikte, SEBS oranı arttıkça eğme mukavemet değeri düşme eğilimi göstermiş ve SEBS-g-MA ile birlikte SEBS eklenen karışımlara göre

daha düşük eğme mukavemet değeri gözlenmiştir. En düşük eğme mukavemet değeri içerisinde % 20 FK, %9 SEBS-g-MA bulunan (PPFK11) karışım numunelerde görülmüş, referans numuneden bile düşük eğme mukavemet değeri gözlemlenmiştir.

7. Numunelere yapılan darbe testlerinde FK miktarı arttıkça izod darbe değerlerinde düşme gözlenmiştir. Karışım içerisine SEBS eklendiğinde darbe değerini bir miktar arttırmış olsa da referans numuneye göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Ayrıca karışım içerisine SEBS-g-MA eklendiğinde darbe dayanımını SEBS'e göre arttırmış ve referans değere yakın sonuçlar ortaya çıktığı görülmüştür.
8. PP matris içerisine katılan FK katkısının miktarı arttıkça malzemenin yoğunluğunu arttırdığı görülmüştür. Aynı zamanda PP matris ve FK katkılı numunelere SEBS eklendiğinde yoğunluğu sadece FK katkılı numunelere göre bir miktar arttırdığı ancak SEBS-g-MA katkısı eklenen numunelerde yoğunluğun sadece FK katkılı numuneler ile yaklaşık değerlere gerilediği görülmüştür.
9. Matris malzeme içerisine FK katkısı eklendiğinde sertlik değerin yaklaşık %5 oranında artış göstermiştir. FK oranı arttıkça sertlikte değişiklik gözlenmemiştir. Matris ve FK karışım içerisine SEBS ve SEBS-g-MA eklendiğinde sertlik değeri FK katkılı numunelere göre yaklaşık %4 azalmıştır. Ancak tüm katkılı numunelerin sertlik derecesi referans numune üzerinde bir değerde olduğu görülmüştür.
10. Matris içerisine FK ilave edilen numunelerde Vicat B sıcaklık değeri referans numuneye göre artmış olduğu görülmüştür. Fındık kabuğu oranı arttıkça Vicat B sıcaklık değeri de belli oranda artış göstermiştir. SEBS ve SEBS-g-MA katkıları eklendiğinde vicat B sıcaklık değerinde sadece fındık kabuğunun olduğu numunelere göre düşme görülmüştür. Katkılı numunelerde katkısız referans numuneye göre artış gözlemlenmiştir.
11. Fındık kabuğu, SEBS ve SEBS-g-MA katkılı numunelerin erime sıcaklıkları (T_m) PP referans malzemeye ait erime sıcaklığı 168,54 °C'nin üzerinde değerde olduğu görülmüştür. Fındık kabuğu oranı arttıkça FK katkılı numunelerin birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Kompozit içerisine

SEBS, SEBS-g-MA oranlarının artmış olması erime sıcaklığında değişikliğe neden olmadığı görülmüştür.

12. Hazırlanan kompozit karışım numunelerine yapılan parlaklık ölçümleri sonucunda PP matris içerisine fındık kabuğu ilavesinde GU değerinde %50 oranında azalma, görülmüştür. PP matris Fındık kabuğu içeren kompozit malzeme içerisine ilave edilen SEBS (%3) GU değerinin referans numuneye göre minimum %62 oranında düşürdüğü ölçülmüştür. Aynı zamanda kompozit içerisine SEBS-g-MA eklendiğinde SEBS in etkilerine benzer matlaşma etkisi göstermiş parlaklık azalttığı görülmüştür.
13. Matris PP içerisine FK katkı miktarı arttıkça, iki renk arasındaki farkın giderek arttığı görülmektedir. Hem fındık kabuğunun katkı miktarı içerisinde artan yoğunluğu hem de prostesten kaynaklanan karışımın yeni renginin mesafesi giderek referans alınan fındık kabuğu renginden uzaklaştığı tespit edilmiştir. Karışım içerisine %3/6/9 oranında eklenen SEBS ve SEBS-g-MA'da benzer şekilde %20 FK katılmış numuneye oranla numunelerin rengini koyulaştırdığı referans renk değeri üzerinden alınan renk değeri üzerinden karşılaştırılmış ve tespit edilmiştir.
14. Hazırlanan karışım kompozit numunelerin tümünde SEM ile çekilmiş görüntüleri incelendiğinde, FK, SEBS ve SEBS-g-MA'nın yapı içerisinde dağıldığı, oluşturulan kompozit malzeme üzerinde mekanik özelliklerin bazılarında iyileştirmeye neden olurken bazılarında ise referans numuneye göre kötüleşmeye sebep olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

Hibrid kompozitlerde katkı maddeleri FK, SEBS ve SEBS-g-MA ısı ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde önemli katkı sağlamışlardır. Benzer şekilde geri dönüştürülebilir atıklardan elde edilen organik malzeler ile yine inorganik katkılarla karıştırılarak numuneler hazırlanabilir, ısı, mekanik ve hatta renk üzerindeki etkileri incelenebilir. Farklı çalışmalarda karışım oranları değiştirilerek veya yeni katkılar eklenerek mekanik özellikler üzerinde incelemeler yapılırken bu çalışma referans olarak incelenebilir ve farklı sonuçlar elde edildiğinde test sonuçları karşılaştırılabilir. Bu sayede atık olarak kullanılan birçok kabuk (ceviz, badem, çekirdek v.b)

kullanılarak mekanik, ısı, renk, uv dayanımı v.b özellikleri iyileştirilmiş polimer matrisli kompozit malzemeler üretilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Cengiz, Ö., Karagöz, İ., Demirer, H. (2021). Fındık Kabuğu ve Talk Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Mekanik ve Isıl Özelliklerinin İncelenmesi. 8. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu. 18-19 Haziran 2021, Eskişehir, Türkiye, 152-159.
- [2] Adıbelli, Ü., Mutlu, D., Çakır Yiğit, N., Karagöz, İ. (2022). Ceviz Kabuğu dolgulu Epoksi Hibrit Kompozit Malzemelerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. 10. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu. 13-14 Mayıs 2022, İstanbul, Türkiye, 81-89.
- [3] Çakır Yiğit, N., Karagöz, İ. (2022). Ceviz Kabuğu Esaslı Polilaktik Asit (PLA) Kompozit Filamentlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. 10. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu. 19-20 Kasım 2022, İstanbul, Türkiye, 51-58.
- [4] Karagöz, İ. 2021. "An effect of mold surface temperature on final product properties in the injection molding of high-density polyethylene materials". *Polym. Bull.* 78, 2627–2644.
- [5] Mudu, M. 2010. "Organik-inorganik hibrid takviyeli polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, Türkiye.
- [6] Demircan, S.F. 2009. "Fındık kabuğu dolgulu polietilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, Türkiye.
- [7] Bükim H. 2009. "Fındık kabuğu dolgulu polipropilen kompozitlerin SEBS ve SEBS-g-MA ile modifikasyonu" Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, Türkiye.
- [8] Borazan D. 2015. "Fındık kabuğu veya ceviz kabuğu takviyeli polyester esaslı kompozitlerin üretimi ve özelliklerin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- [9] Çukur U. 2016. "Giresun ilinde bulunan lignoselülozik materyallerden polimer kompozit üretimi" Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, Türkiye.
- [10] Kocaman S. 2017. "Biyobazlı polimer kompozitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- [11] Öz E O. 2019. "Tarım atıkları kullanılarak biyokompozit eldesi ve termal/mechanik özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye.

- [12] Yıldırım A. 2007. “Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Göztepe, Türkiye.
- [13] Dalvag, H.; Klason, C.: H.E. Stromvall: Intern J.*Polym.Mater.*, 11 (1985)
- [14] Jang, B, Z.; Uhlmann D, R ,; Vander Sande J,R.: *Polym. Eng. Sci.* 25 (1985)
- [15] Oksman, K.: *Wood Sci. Technol.*, 30 (1996)
- [16] Stamhuis, J, E.: “Mechanical properties and morphology of polypropylene composites Short glass fiber reinforced elastomer modified polypropylene” *Polym. Compos.* 9 (1988)
- [17] Maiti, S.N., and Singh K., Influnce of wood flour on the mechanical properties of polyethilene, *J. of Applied Polymer Sci.*, 32, (1986), 4285-4289.
- [18] Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşçıoğlu, C. ve Peker, H., 2013, Fındık kabuklarının polipropilen esaslı polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 50-56.
- [19] G. E. Myers, I. S. Chahyadi, C. Gonzalez, C. A. Coberlyand D. S. Ermer.: Int. J. *Polym. Mater.*, 15- 171, 1991.
- [20] R. Karnani, M. Krishan, R. Marayan, *Polym. Eng. Sci*, 37-476,1997.
- [21] T. Le, Thi, T. H.Gauthier, J. Macromol. *Sci.* A33, 1996.
- [22] Y.W. Leong, M.B.A. Bahar, Z.A.M. Ishak, A. Ariffin, B. Pukanszky, “Comparisonof the Mechanical Properties and Interfacial Interactions Between Talc, Kaolin, and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites”, *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3315-3326, 2004.
- [23] E. Ferrage, F. Martin, A. Boudet, S. Petit, “Talc as Nucleating Agent of polypropylene: Morphology Induced by Lamellar Particles Additionand Interface Mineral-Matrix Modelization”, *Journal of Material Science*, 37, 1561-1573. 2002.
- [24] W. Qiu, K. Mai, H. Zeng,“Effect of Silane-Grafted Polypropylene on the Mechanical properties and crystallization Behavior of talc/Polypropylene Composites,” *Journal of Applied polymer Science*,77, 2974-2977. 2000.
- [25] J.C. Dao, “Mechanical properties and morphology of polypropylene composites: Talc-filled, elastomer-modified polypropylene” *Elastomers Plastics*,15, 1983.
- [26] K. Mitsuishi, S. Kodama, H. Kawasaki, “Mechanical Properties Filled with Calcium Carbonate,” *Polymer Engineering and Science*, 25, 1059-1073, 1985.
- [27] C. Scott, H. Ihsıda, F.H.J. Maurer, J. Mater. *Sci.*, 22, 1987.
- [28] A. Bledzki, K. Faruk, M.O. Huque, *Polym. Plast. Technol. Eng.* 41, 2002.

- [29] J. Wu, D. Yu, C.-M. Chan, J. Kim, Y.-W. Mai, *J. Appl. Polym. Sci*, 76, 2000.
- [30] K. Oksman, H. Lindberg, *J. Appl. Polym. Sci*, 68- 1845, 1999.
- [31] C.D. Han, T.V.D. Weghe, P. Shete, J.R. Haw, “Effects of Couplingagents on the Rheological Properties, Processability, and Mechanical Properties of Filled Polypropylene”, *Polymer Engineering and Science*, 21, 196-203, 1998.
- [32] P. Gatenholm, J. Felix, C. Klason, J. Kubat, Contemporary Topics in Polymer Science, J.C.Salamone and J. Riffle, Eds. *Plenum Pres*, New York, 1992.
- [33] X. L. Xie, K. L. Fung, R. Li, S. C. Tjong, Y.-W. Mai, *J. Polym. Sci, Part B:Polym Phys*, 40 1214, 1997
- [34] JM. Badano,C. Betti, I. Rintoul, J. Vich-Berlanga, E. Cagnola, G. Torres, C. Vera, J. Yori, M. “Quirog, New composite materials as support for selective hydrogenation; egg-shell catalysts,”*Applied Catalysis A: General*, 390, 166–174. doi:10.1016/j.apcata.2010.10.008, 2010.
- [35] K. Salasinska, M. Celinski, K. Mizera, P. Kozikowski, MK. Leszczynski, A. Gajek, “Synergistic Effect Between Histidine phosphate Complex and Hazelnut Shell for Flammability Reduction of Low-smoke Emissione Poxyesin,”*Polish Academy of Sciences, Institute of Physical Chemistry, Kasprzaka 44/52, 01-224, Warsaw, Mazovia, Poland* 22July 2020.
- [36] Yoruç A. B. H., & Uğraşkan V., (2017).Yeşil Polimerler Ve Uygulamaları., *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Ve Mühendislik Dergisi*,17 017102 (318-337).
- [37] Board Nııı.,(2012). *Polymers And Plastics Technology Handbook*. In.: Isbn 81-78 33076-8.
- [38] Miller Stephen A.,(2013) Sustainable Polymers:Opportunities For The Next Decade, *Acs Macro Letters*, 2: 550 54.
- [39] Y. Abhiram, Ashish Das, Keshav Kumar Sharma, Green composites for structural and non-structural applications: A review,
- [40] Özmen, U. (2015). Doğal Fiber Takviyeli Kompozitlerin Üretimi, Mekanik Ve Termal Özelliklerinin Tespiti
- [41] Netravali A.N., Chabba S., (2003). Composites Get Greener, *Materials Today*, P. 22-29
- [42] Ramesha, M., & Palanikumarb, K. (2017). Hemachandra Reddyc Plant Fibre Based Bio-Composites: Sustainable And Renewable Green Materials, *Elsevier* 79, 558-584.
- [43] Carus, M., Gahle, C. (2008). Injection Moulding With Natural Fibres, *Reinf. Plast.* 52, 18-22.

- [44] Değirmenci, N. 2020. “Kağıt hamuru ve sisal elyaf takviyeli PLA biyokompozitlerinin özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
- [45] Netravali A.N., Chabba S., (2003). Composites Get Greener, *Materials Today*, P. 22-29.
- [46] Maya J. J., Sabu T.,(2008). Biofibres And Biocomposites, *Carbohydrate Polymers* 71 343-364.
- [47] Ashori A.,(2008).Wood-Plastic Composites As Promising Green-Composites For Automotive Industries, *Bioresource Technology* 99 4661-4667.
- [48] www.petkim.com.tr (Erişim Tarihi: Eylül, 2022).
- [49] www.polimerdatabase.com (Erişim Tarihi: Ekim, 2022).
- [50] www.kraton.com (Erişim Tarihi: Eylül, 2022).
- [51] www.mare.com.tr (Erişim Tarihi: Ekim, 2022).
- [52] Ş. Çağlar, İ. Karagöz ve H. Demirer, “Fındık kabuğu dolgulu polimer kompozitlerde fındık kabuğunun renk özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi,” 11. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, 4-5 Kasım, Gebze, 2022.

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2004 yılında girdiği Afyon Kocatepe Üniversitesi Metal Öğretmenliği bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2009 yılı itibariyle özel sektörde iş hayatına başladı. Kalite mühendisliği, metot mühendisliği, süreç ve proses geliştirme sorumluluğu ve son olarak da kalite yöneticiliği görevini sürdürmektedir. Evli ve 2 çocuk babasıdır. 2018 yılı itibariyle Yalova Üniversitesi Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

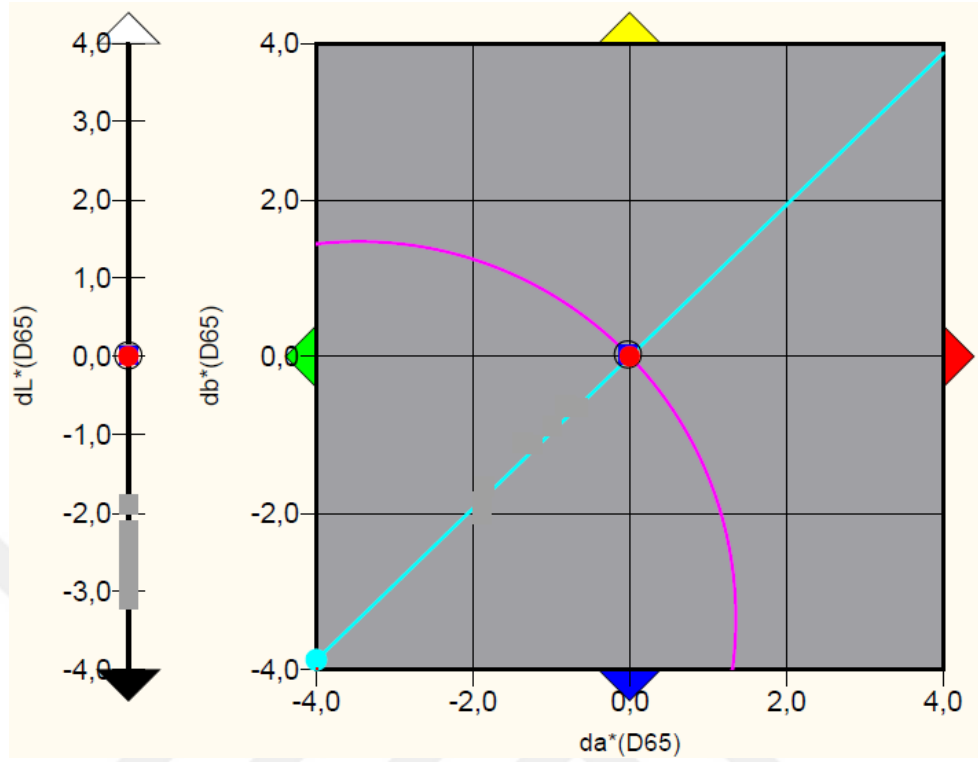
TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Ş. Çağlar, İ. Karagöz ve H. Demirer, “Fındık kabuğu dolgulu polimer kompozitlerde fındık kabuğunun renk özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi,” 11. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu, 4-5 Kasım, Gebze, 2022.

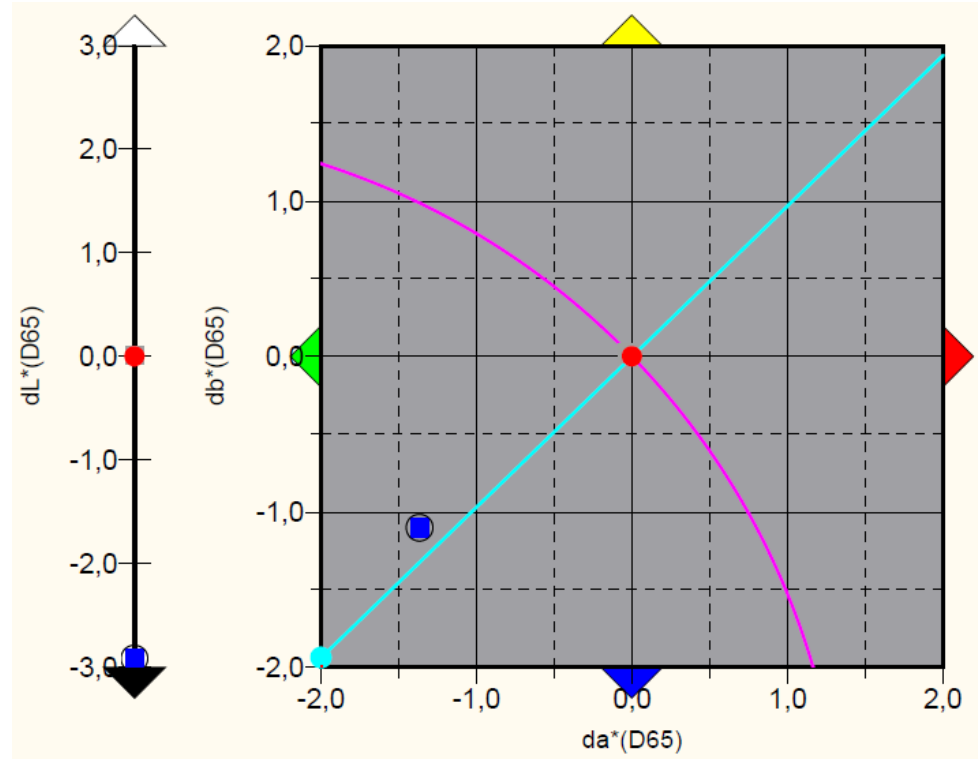
DİĞER YAYIN VE ESERLER



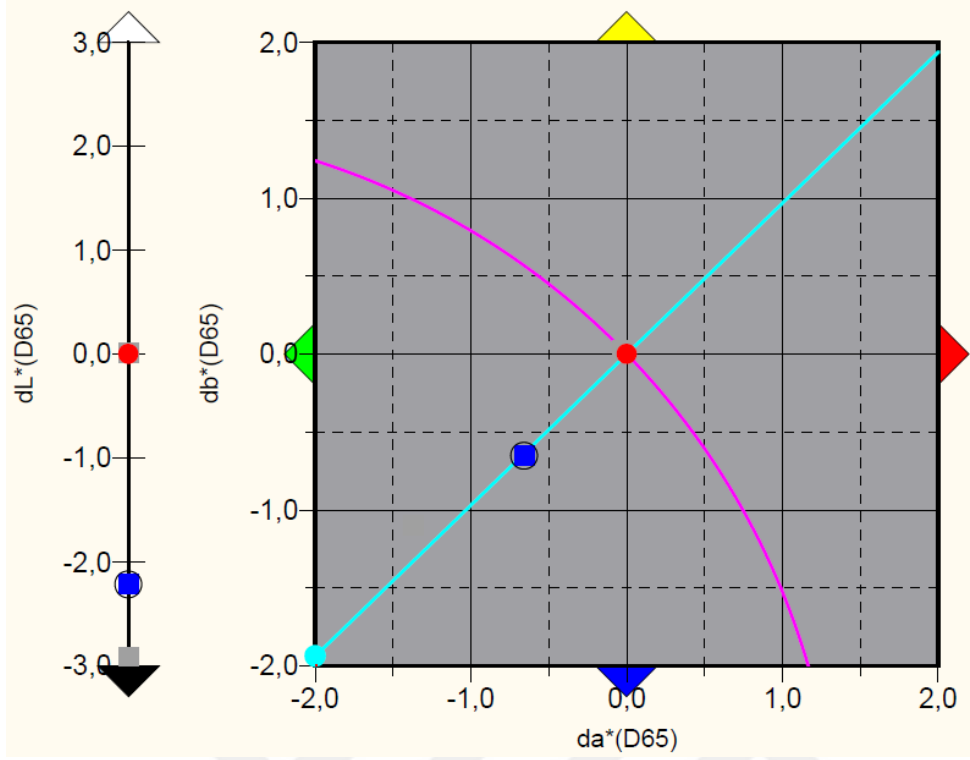
EK 1. Renk ölçüm sonuçları



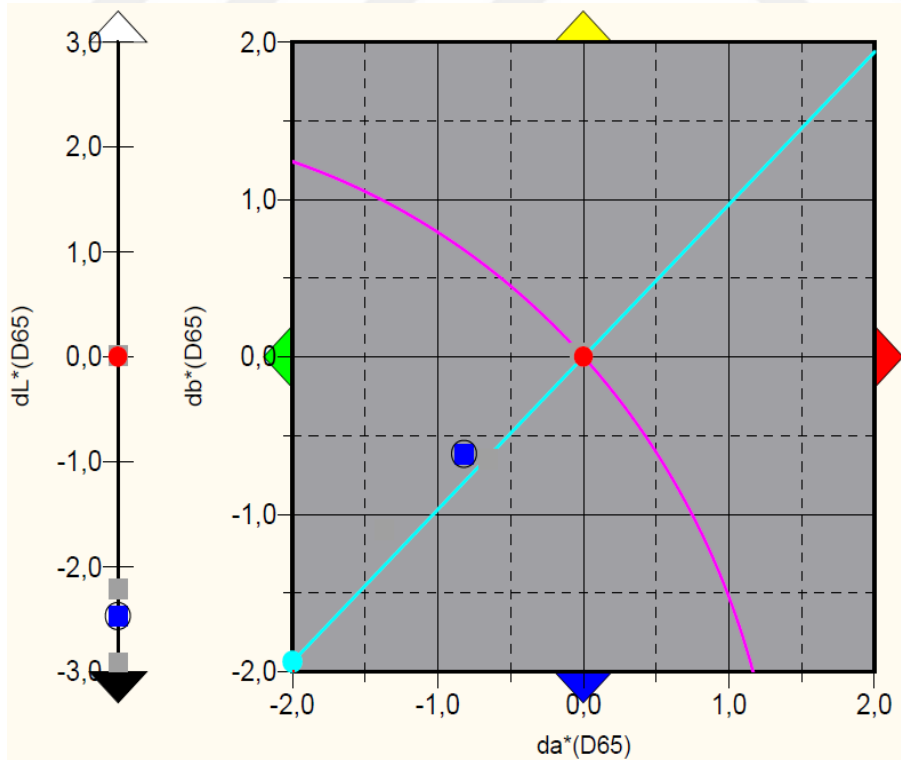
Şekil 6.1 PPFK02 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



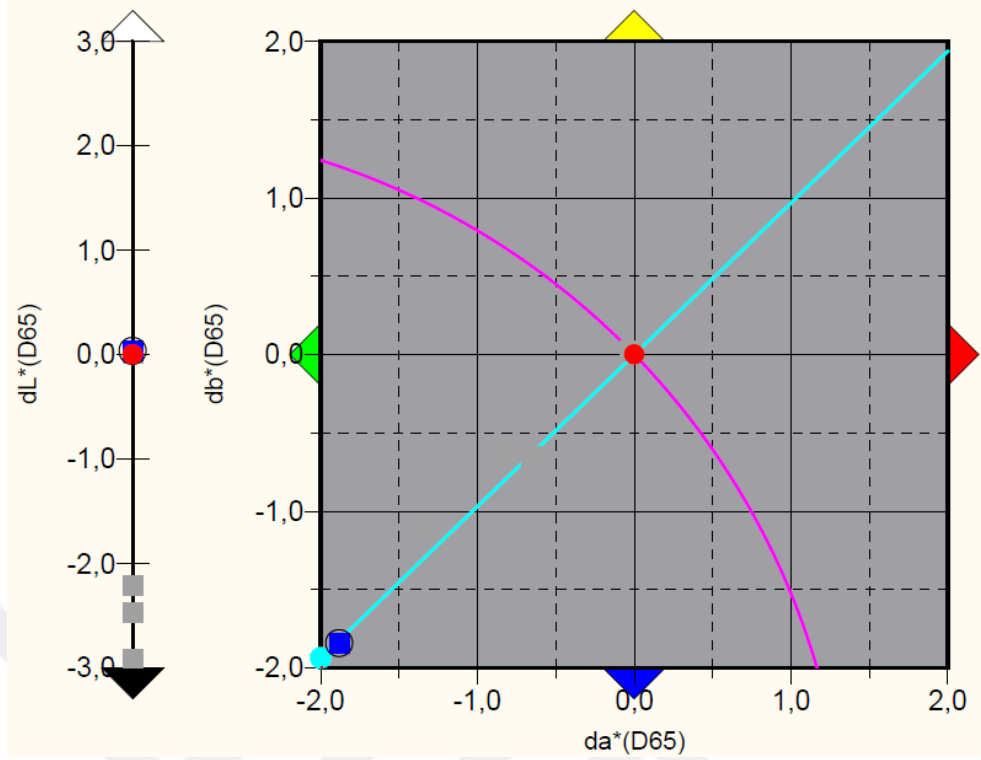
Şekil 6.2 PPFK03 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



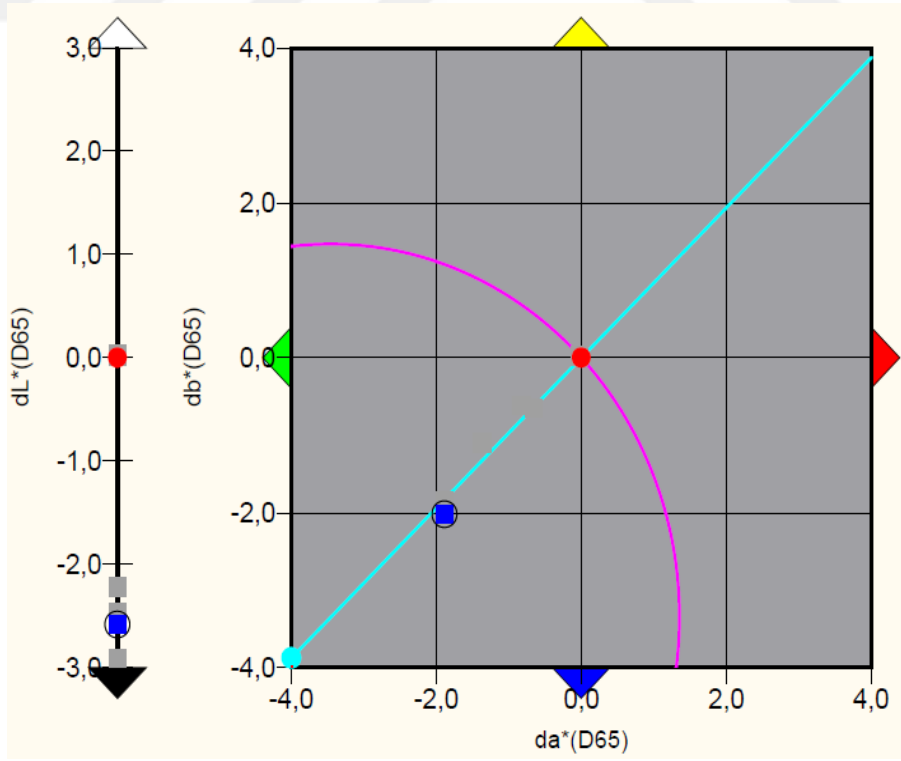
Şekil 6.3 PPFK04 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



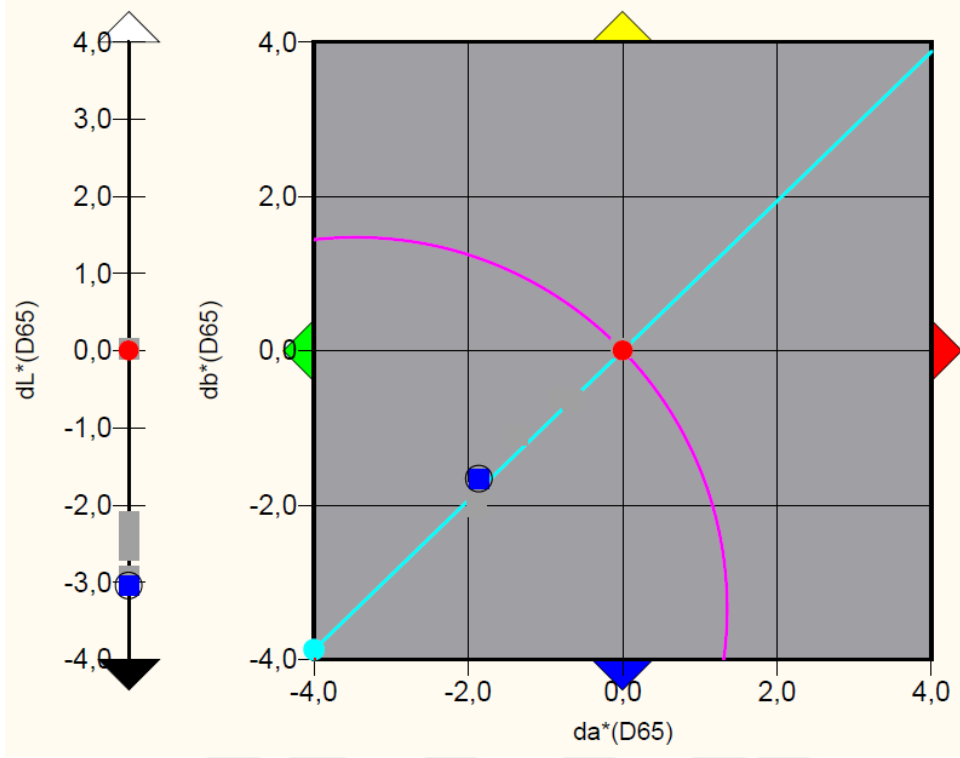
Şekil 6.4 PPFK05 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



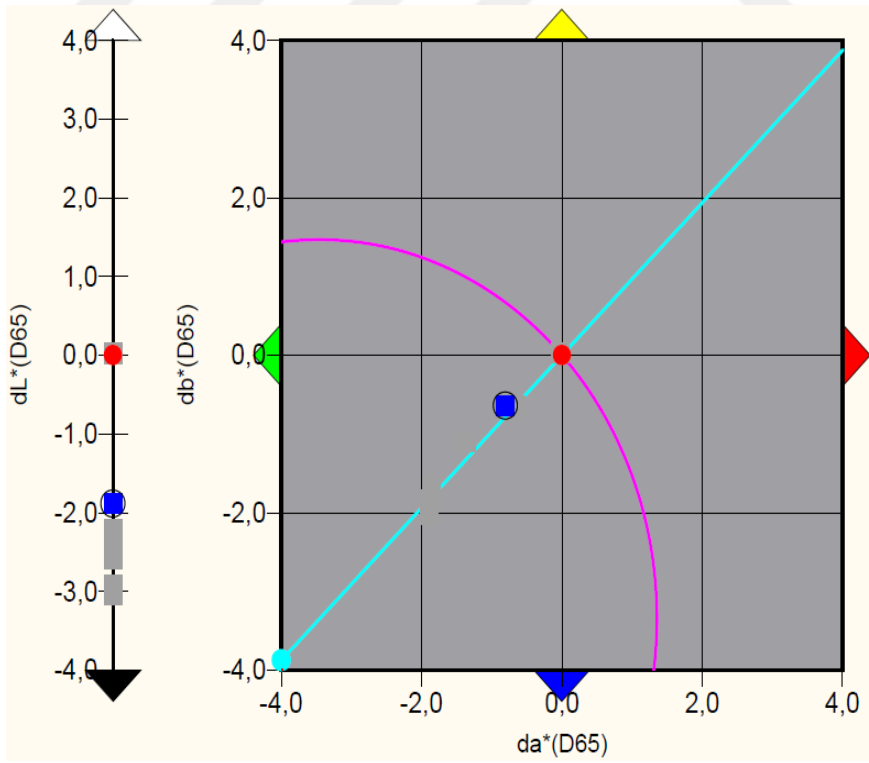
Şekil 6.5 PPFK06 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



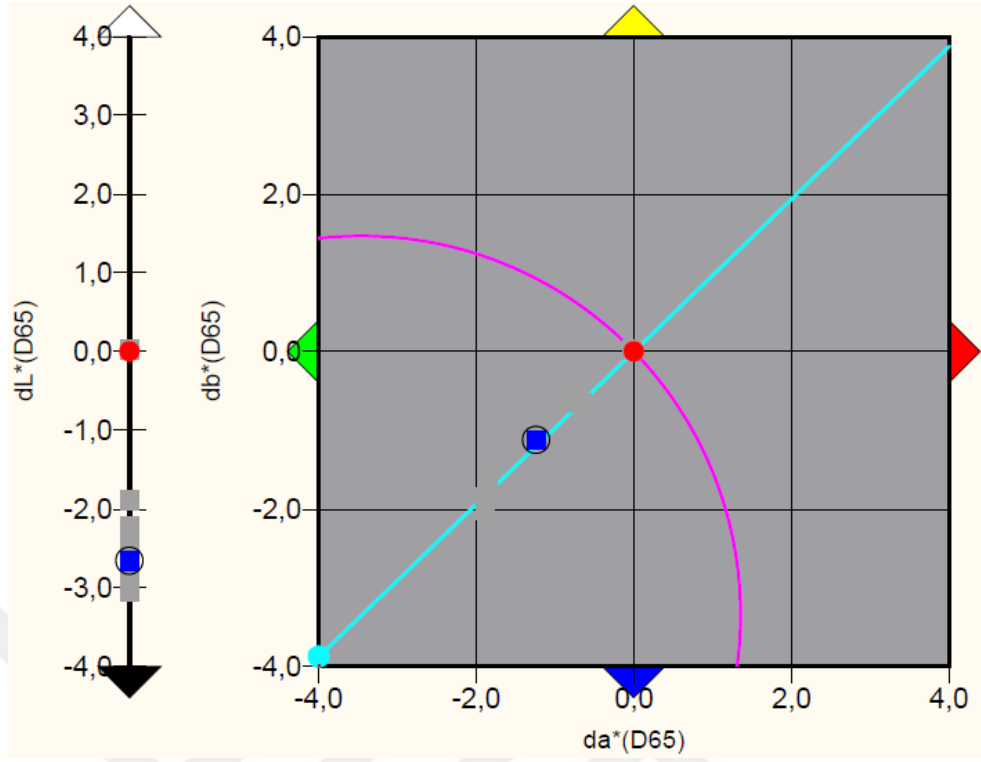
Şekil 6.6 PPFK07 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



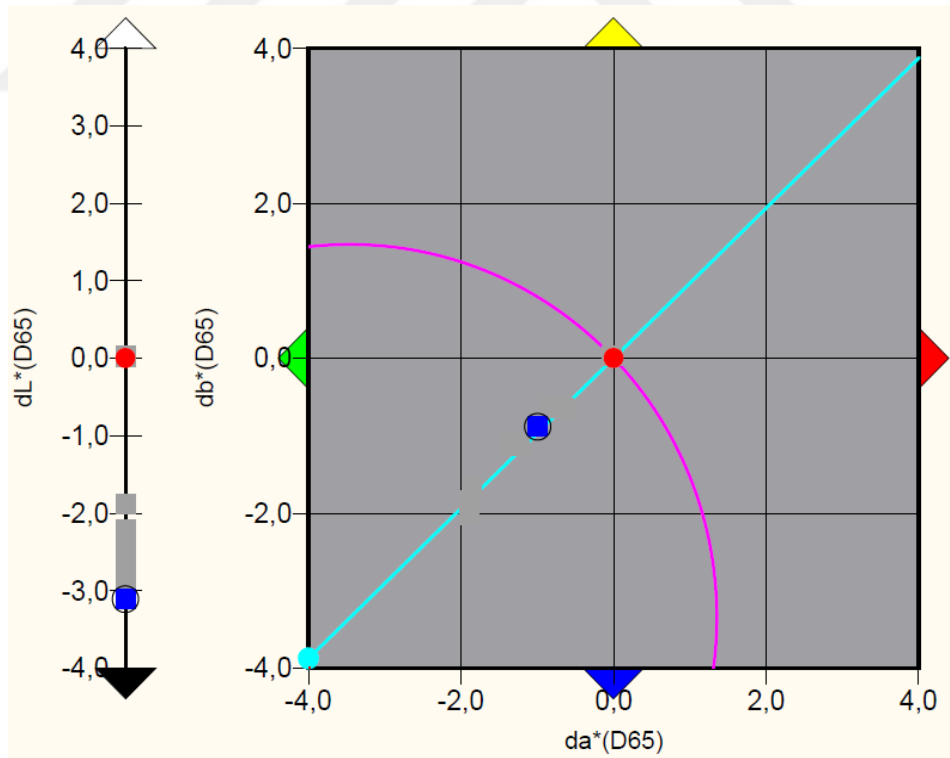
Şekil 6.7 PPFK08 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



Şekil 6.8 PPFK09 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



Şekil 6.9 PPFK10 Spektrometrik renk ölçüm sonucu



Şekil 6.10 PPFK11 Spektrometrik renk ölçüm sonucu

