



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ODUNUN POLİPROPİLEN
KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZIRLAYAN
MİZGİN ALSAN**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. DENİZ AYDEMİR**

BARTIN-2016



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ODUNUN POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Mizgin ALSAN

JÜRİ ÜYELERİ

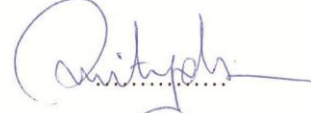
- Danışman : Doç.Dr. Deniz AYDEMİR - Bartın Üniversitesi
Üye : Yrd.Doç Dr. Ertuğrul ALTUNTAŞ - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Üye : Doç.Dr. Gökhan GÜNDÜZ - Bartın Üniversitesi
Üye : Doç.Dr. Hüseyin SİVRİKAYA - Bartın Üniversitesi
Üye : Yrd.Doç.Dr. Kadir KARAKUŞ - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

BARTIN-2016

KABUL VE ONAY

Mizgin ALSAN tarafından hazırlanan “ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ODUNUN POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı bu çalışma, 03.06.2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Deniz AYDEMİR (Danışman)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ALTUNTAŞ (İkinci Danışman)



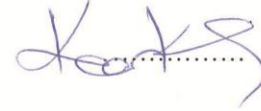
Üye : Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ



Üye : Doç. Dr. Hüseyin SİVRİKAYA



Üye : Yrd. Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ



Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. H. Selma ÇELİKAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Deniz AYDEMİR danışmanlığında hazırlamış olduğum “ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ODUNUN POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

03.06.2016

Mizgin ALSAN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması yıllarca süren emeklerin bir ürünü olup, çeşitli insanların işbirliği ve yardımı olmaksızın tezin tamamlanması mümkün değildi. Öncelikle, tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Deniz AYDEMİR'e içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tezde jüri üyesi olma nezaketini gösteren, tezin incelenerek hataların düzeltilmesinde değerli vakitlerini harcayan ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ALTUNTAŞ'a, Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ'e, Doç. Dr. Hüseyin SİVRİKAYA'ya ve Yrd. Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ'a şükranlarımı sunarım.

Kompozitlere mantar aşılması işleminde değerli emeklerini esirgemeyen sayın hocam Arş. Gör. Ahmet CAN'a, laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen ve tez sürecinin başından sonuna dek yanımda olan sevgili arkadaşlarım Havva GÜMÜŞ'e ve Gülşen UZUN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bununla birlikte, çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Hasan ALSAN'a, annem Azize ALSAN'a, nişanlım Ali BUDAMİR'e ve tezimin savunma günü dünyaya gelen ve bana hala olma mutluluğunu yaşatan yeğenim Egemen ALSAN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mizgin ALSAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ODUNUN POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mizgin ALSAN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Deniz AYDEMİR

Bartın- 2016, sayfa: VIII + 57

Odun polimer kompozitleri, kolay işlenmeleri, direnç özellikleri ve fiyatından bir çok uygulama alanında kullanılmaktadır. Dolgu olarak ısıt işlem görmüş odun polimer kompozitlerin mekaniksel ve direnç özelliklerini iyileştirebilmektedir. Bu çalışmada, matriks olarak PP ve destek maddesi olarak 180 ve 220°C sıcaklıkta ısıt işlem görmüş odun (%5, %20 ve %40) kullanılmıştır. Kompozitler çift vidalı ekstruder ile hazırlanmış ve test örnekleri, basınçlı kalıplamayla hazırlanmıştır. Yoğunluk, eğilmede MOR ve MOE, çekmede MOE ve MOR ve çentikli şok direnci, TGA ile termal stabilite, DSC ile erime sıcaklığı ve kristalinite ile termal özellikler, SEM ile morfolojik özellikler ve hızlandırılmış yaşlandırma ve mantar testi ile dış ortam performansı araştırılmıştır. Sonuçlara göre, mekanik özellikler, ısıt işlemli odunun ilavesiyle iyileşti. T_c, T_m, Tonset, T_{10%}, T_{50%}, and T_{85%} gibi termal özellikler ısıt işlem odunun ilavesiyle artmıştır. XRD deseni ve FTIR spektraları, kompozitlerin benzer yapıda olduklarını göstermiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma ve mantar testi sonrasında kompozitlerin direnci, ısıt işlemde sıcaklıkların artmasıyla iyileşti.

Anahtar Kelimeler

Odun polimer kompozitleri; ısıı işlem görmüş odun, termal özellikler, malzeme karakterizasyonu, polimer karışımı.

Science Code

502.15.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECTS OF HEAT-TREATED WOOD ON THE PROPERTIES OF POLYPROPYLENE COMPOSITES

Mizgin ALSAN

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Deniz AYDEMİR

Bartın-2009, pp: VIII + 57

Wood polymer composites have been used to many applications due to their easy processing, strength values, and price. Heat-treated wood as a filler can improve mechanical and durability properties of polymer composites. In this study, PP as a matrix and heat-treated wood at 180°C and 220°C (%5, %20 and %40) as a reinforcement filler were used and The composites prepared with twin screw extruder and the test samples were obtained with compression molding. The density, mechanical properties such as flexural MOR and MOE, tensile MOR and MOE, and izod impact strength, thermal properties such as thermal stability with TGA and crystallinity and melting temperature with DSC, morphological characterization with SEM and outdoor performance such as accelerated weathering and fungal test were investigated. According to the results, mechanical properties improved with the addition of heat-treated wood. Thermal properties such as T_c, T_m, T_{onset}, T_{10%}, T_{50%}, and T_{85%} increased the loadings of heat-treated wood. XRD pattern and FTIR spectra showed to be similar structural properties of the composites. After accelerated weathering and fungal test, the durability of the composites enhanced with increasing of temperature in the heat treatment. Heat-treated wood was used as three different meshes.

Key Words

Wood polymer composites; heat-treated wood, thermal treatment; material characterization, polymer compounding.

Science Code

502.15.01

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Çalışmada Kullanılan Materyaller ve Özellikleri	3
1.3.1 Çalışmada Kullanılan Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.)	3
1.3.2 Kullanılan Isıl İşlem Metodu ve Odun Özellikleri Üzerine Etkisi	3
1.3.2.1 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Kimyasal Değişimler	5
1.3.2.2 Isıl İşlemden Dolayı Meydana Gelen Fiziksel Değişimler	6
1.3.2.3 Isıl İşlemden Dolayı Meydana Gelen Mekaniksel Değişimler	7
1.3.2.4 Isıl İşlemden Dolayı Meydana Gelen Biyolojiksel Değişimler	8
1.3.3 Çalışmada Kullanılan Polipropilen Matriks ve Özellikleri	8
BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÖZETİ	10
2.1 Polimerler	10
2.2 Polimer ve Polimer Matriks Kompozitler	11
2.2.1 Makro/Mikro Destek Materyalleri	12
2.3 Polimer Matriks/Destek Materyalleri Arasındaki Etkileşimleri	13
2.3.1 Polimer Matriks Kompozitlerde Yüzeyler ve Fazlar Arası İlişkiler	14
2.3.2 İslanma Yapışma ve Dispersiyon (Yayılma)	15
2.3.2.1 Kimyasal Bağlanma	16

	<u>Sayfa</u>
2.3.2.2 Elektrostatik Bağlanma	17
2.3.2.3 Mekanik Bağlanma	17
2.3.2.4 Materyaller Arası Difüzyon	17
2.4 Konu Hakkında Yapılmış Çalışmalar	18
BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT	19
3.1 Materyal	19
3.2 Kompozitlerin Hazırlanması	19
3.3 Kullanılan Metotlar	22
3.3.1 Yoğunluk	22
3.3.2 Çekme Direnci (TMOR) ve Çekmede Elastikiyet Modülü (TMOE)	22
3.3.3 Eğilme Direnci (FMOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modülü (FMOE)	23
3.3.4 Çentikli Şok Direnci (Izod-IS)	23
3.3.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	24
3.3.6 Termogravimetrik Analiz (TGA)	24
3.3.7 Diferansiyel Tarama Spektroskobu (DSC)	24
3.3.8 FTIR Analizi	25
3.3.9 X-ışını kırınım analizi (XRD) ve Partikül Kristallik İndeksinin Belirlenmesi	25
3.3.10 Yaşlandırma Deneyi	25
3.3.11 Mantar Testi	26
3.3.12 İstatistiksel Analiz	27
BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1 Isıl İşlem Görmüş Odun Unu İlaveli Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özellikleri	28
4.2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	31
4.3 Termogravimetrik Analiz (TGA)	34
4.4 Diferansiyel Tarama Spektroskobu (DSC)	37
4.5 FTIR Analizi	38
4.6 X-ışını kırınım analizi ve Partikül Kristallik İndeksinin Belirlenmesi	39

	<u>Sayfa</u>
4.7 Yaşlandırma Deneyi	40
4.8 Mantar Testi	46
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Isıl işlem diyagramı	5
2. Odun elemanlarının sıcaklığa göre kararlılığı	6
3. Polipropilen polimerizasyonu	9
4. Polietilen Matriks ve Odun Arasındaki Kötü ve İyi Bağlanma	13
5. Odun Polimer Kompozitlerin Enine Kesitlerinde Yüzeyler ve Fazlar Arası Bölgelerin Şematik Tarifi	15
6. Masif Bir Yüzeyde Bir Damlanın Temas Açısı, Islanma ve Islanmama Durumu	15
7. Çalışmada kullanılan UT ve HT odun unlarına ait SEM Görüntüleri	19
8. Kompozitlerin hazırlanması	21
9. CIELab rek uzayı	26
10. Mesh kalınlıkları ve katkı oranlarına göre PP kompozitlerin özelliklerindeki değişimler	30
11. UT içeren Polipropilen Kompozitlerin SEM Görüntüleri	31
12. HT1 içeren Polipropilen Kompozitlerin SEM Görüntüleri	32
13. HT2 içeren Polipropilen Kompozitlerin SEM Görüntüleri	33
14. Hazırlanan kompozitlere ait TGA eğrileri	34
15. Kompozitlerin DTG değerleri	35
16. Kompozitlerin DTA değerleri	35
17. UT, HT1 ve HT2 ile hazırlanan PP kompozitlerin FTIR analiz sonuçları	38
18. Saf PP, UT, HT1 ve HT2 ilaveli kompozitlerin XRD analizi	39
19. Yaşlandırma sonrası örneklerin görünümü	40
20. Yaşlandırma sonrası yüzeydeki bazı ekstrem örnekler	42
21. UT içeren Polipropilen Kompozitlerinin Yaşlandırma Sonrası SEM Görüntüleri	43
22. HT1 içeren Polipropilen Kompozitlerinin Yaşlandırma Sonrası SEM Görüntüleri	44
23. HT2 içeren Polipropilen Kompozitlerinin Yaşlandırma Sonrası SEM Görüntüleri	45
24. Mantar testi sonucunda meydana gelen kütle kaybı	46
25. Agar ortamındaki kompozitlerin görünümleri	47

TABLULAR DİZİNİ

Tablo		Sayfa
No		No
1.	Polipropilenin Fiziksel Özellikleri	9
2.	Daha önce yapılan konuyla ilgili çalışmalar	18
3.	Çalışmada hazırlanan kompozit formülasyonları	20
4.	UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP Kompozitlerin Mekanik Özellikleri	29
5.	TGA/DTG ve DTA eğrilerine ait özet veriler	36
6.	DSC analizine ait özet veriler	37
7.	Saf PP ve UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerinin fonksiyonel grupları	39
8.	XRD sonuçlarına göre PP ve PP kompozitlerinin kristalinite hesapları	40
9.	Yaşlandırma testi sonrası renk değişimleri	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$T(C)$:	Sıcaklık
$t(h)$:	Zaman
T_g	:	Camsı geçiş sıcaklığı
T_m	:	Kristalin erime sıcaklığı
γ_{SV}	:	Yüzey enerjileri ya da katı/buhar yüzey gerilimleri
γ_{SL}	:	Katı/sıvı yüzeyler
γ_{LV}	:	sıvı/gaz yüzeyler
kV	:	Kilovolt
P	:	Kompozitlerin yoğunluğu
A_h	:	Kompozitlerin etüvden çıktıktan sonraki ağırlıkları
A_s	:	Kompozitlerin etüvden çıktıktan sonraki hacimleri
P_{max}	:	Maksimum kuvvet (N)
MPa	:	Mega Pascal
σ_e	:	Eğilme direnci
E	:	Eğilmede elastikiyet modülü
F	:	Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)
L	:	Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)
d	:	Örnek kalınlığı (mm)
b	:	Örnek genişliği
Δ	:	Eğilme miktarı (mm)
X_c	:	Kristalinite değeri
ΔH_m	:	Erime entalpisi
w	:	Ağırlık fraksiyonu
ΔH_{mo}	:	% 100 kristalin haldeki erime entalpisi (207 J/g)
A_c	:	Kristalin tepeler altındaki toplam alan

A_a	:	Amorf üst noktalar altındaki toplam alan
T_d	:	bozunma sıcaklıkları
CI	:	% cinsinden kristalinite indeks değeri
ΔH_m	:	Erime entalpi değeri
ΔH_c	:	Soğuma entalpi değeri
X_c	:	Kristalinite değeri
T_c	:	Kristalizasyon noktası
ΔL	:	Renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişiklikler
Δa	:	Renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişiklikler
Δb	:	Renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişiklikler
ΔE	:	Toplam renk değişimi

KISALTMALAR

ASTM	:	American society for testing and materials
HDPE	:	Yüksek yoğunluklu polietilen
MAPE	:	Maleatlanmış Propilen
LDPE	:	Düşük yoğunluklu polietilen
DMA	:	Dinamik Mekanik Analiz
XPS	:	X-ray photoelectron spectroscopy
TGA	:	Termogravmetrik analiz
DSC	:	Diferansiyel tarama spektroskopu
DTA	:	Diferansiyel termal analiz
SEM	:	Taramalı elektron mikroskobu
FTIR	:	Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi
XRD	:	X-ışını kırınım analizi

UV	:	Ultraviyole ışını
PP	:	Polipropilen
PE	:	Poliyeten
PA6	:	Poliamid6
PETKİM	:	Petrokimya Holding A. Ş., Türkiye
UT	:	Kontrol Odun Unu
HT1	:	180°C’de muamele edilmiş odun
HT2	:	220°C’de muamele edilmiş odun
TMOR	:	Çekme direnci
TMOE	:	Çekmede elastikiyet modülü
FMOR	:	Eğilme direnci
FMOE	:	Eğilmede elastikiyet modülü
Izod IS	:	Çentikli şok direnci
VTT	:	Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
YA	:	Yapraklı Ağaç
İYA	:	İğne Yapraklı Ağaç
ÇD	:	Çekme direnci
UTEST	:	Üniversal Test Makinesi
Q-LAB	:	Açık hava testi
QUV	:	Yaşlandırma test cihazı
Çö	:	Çürüklük öncesi tam kuru ağırlık
Çs	:	Çürüklük sonrası tam kuru ağırlık
SPSS	:	Statistical Package for the Social Scienses

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Odun polimer kompozitleri, otomobil, yapı ve dış ortamda kullanılan birçok mobilya uygulamalarında yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Gerek üretim kapasiteleri gerekse uygulama alanları hızla gelişmektedir (Kaboarani vd., 2008). Bu kompozitleri, yenilenebilir materyaller olmaları, düşük yoğunluklu, yüksek spesifik dirençleri, düşük maliyetleri ve kolayca ulaşılabilmeleri nedeniyle Dünya genelinde önemli avantajlara sahip olmuşlardır (Robin ve Breton, 2001).

Bu kompozitler, fiziksel, mekanik ve termal özelliklerinin iyileştirilmesi için farklı matrikslere farklı şekillerde ve farklı modifikasyona uğramış ahşap materyalle birleştirilmekte ve farklı kompozitleri hazırlanmaktadır (Rothon, 2009). Ahşap materyal, inorganik materyallere göre büyük avantajlara sahiptir (Wang vd., 2013, Tankut vd., 2000). Ahşap materyaller, kolay işlenebildiği için plastik yada polimerlerle çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Niska ve Sain, 2008). Ahşap materyalin yapısı; farklı yüzey işlemleri, birleştirme kimyasalı kullanımı yada ısıtma işlem metotlarıyla modifiye edilebilmektedir (Wang vd., 2013).

Ahşap materyalde, birleştirme kimyasallarının kullanımı ve yüzey muameleleri çok sık kullanılan metotlardandır. Buna karşın ısıtma işlem görmüş odun polimerik kompozitlerde çok fazla kullanılmamaktadır (Niska ve Sain, 2008). Daha önceki birçok çalışmada, odunun ısıtma işlem metotlarıyla kristalinite indeks değerlerinin arttığı ve bu artışın muamele süresine göre değişim gösterdiği saptanmıştır. Kompozitlerin mekanik özelliklerinin kristaliniteye paralel değiştiği düşünüldüğünde polimer kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde olumlu özellikler sağladığı da bazı çalışmalarda saptanmıştır (Bhuiyan ve Hirai, 2000 ve 2005, Akgül vd., 2007, Aydemir vd., 2015).

Odunun kristalinite değeri kompozitlerin gerek mekanik gerekse diğer malzeme özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiği düşünüldüğünde, kristalinite artışı ahşap materyal

için istenen bir özellik olduğu söylenebilir. Bu artışlarla beraber, odun polimer kompozitlerinin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde odunun ısı işlem muamelesi önemli bir konu olmaktadır (Boonstra vd., 2007).

Odunun ısı ile muamelesi, odunun yapısında önemli değişimlere sebep olmaktadır. Bu muamele süresince, hemiselülozlarda bulunan hidroksil gruplarının büyük çoğunluğu ve selülozlarda bağlı bulunan hidroksil gruplarının bir kısmı bozulmakta ve muamele edilmemiş olan oduna göre daha düşük polariteye sahip bir malzeme oluşmaktadır (Esteves ve Pereira, 2009; Tumen vd., 2010; Esteves vd., 2013). Isıl işlem odunun mekanik özelliklerini genellikle muamele süresine bağlı olarak büyük ölçüde (bu düşüş bazı muamelelerde %60'ın üzerine çıkabilmektedir) düşürmektedir (Aydemir vd., 2010, 2011, 2012; Gunduz ve Aydemir, 2009, Gunduz vd., 2010; Tankut vd., 2011).

Isıl işlem sonrasında odun koyulaşmakta ve lignin kırılan hale gelmektedir. Bu durumda odunun daha kolay parçalanmasına ve kolaylıkla dağılmasına sebep olmaktadır. Polimer kompozitlerde destek için kullanılan katkı materyallerinin dağılması önemli bir durum olduğu için bu materyallerin kompozitlerde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Böylece matris içerisinde dağılan ısı işlemli odun materyaller eğilme, çekme ve bunlara ait modüllerde önemli iyileşmeler göstermektedir (Kaboarani vd., 2008).

1.2 Çalışmanın Amacı

Odun plastik kompozitlerinde ısı işlem görmüş odunun kullanımıyla ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle ısı işlem görmüş odun materyalin mühendislik termoplastik kompozitlerinde kullanımı ve kompozitlerinin karakterizasyonu alanda önemli boşluğu dolduracaktır.

Bu çalışmada, 180 °C ve 220 °C sıcaklıkta ve 8 saat muamele edilmiş Doğu Kayını (*Platanus orientalis* L.) odunu, Polipropilen matris ile %5, %20 ve %40 oranında karıştırılarak ısı işlem görmüş odun ilaveli PP kompozitlerinin mekanik (eğilme direnci, çekme direnci, eğilme ve çekme modülü, çentikli şok direnci), termal (termogravimetrik analiz ve diferansiyel tarama kalorimetresi), morfolojik (taramalı elektron mikroskobu), yapısal (x-ışını kırınım analizi ve FTIR spektroskopisi) özellikleri ve ayrıca dış ortam performansı (yaşlanma ve mantar direnci) araştırılmıştır. Ayrıca kompozitin özellikleri 40,

60 ve 100 mesh kalınlıktaki odun materyal kullanılarak kompozit özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

1.3 Çalışmada Kullanılan Materyaller ve Özellikleri

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen amaçlar doğrultusunda Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) odunu özellikleri, ısıl işlem metodu ve çalışmada kullanılan Polipropilen matriks hakkında kısa bilgilere değinilmiştir.

1.3.1 Çalışmada Kullanılan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.)

Doğu Kayını düzgün lif yapısına sahip olup; lif uzunlukları $1,165 \pm 0,225$ mm, lif genişliği $19,54 \pm 2,40$ mikron, lümen çapı $5,23 \pm 1,72$ mikron ve lif çeper kalınlığı $7,30 \pm 1,23$ mikrondur (Anon 1985, s.69; As vd., 2002, s.75). Doğu Kayınının, tam kuru yoğunluğu $0,64 \text{ g/cm}^3$, hava kurusu yoğunluğu $0,66 \text{ g/cm}^3$ dür. Mekanik özellikler ise; basınç direnci 57 N/mm^2 , eğilme direnci $112,30 \text{ N/mm}^2$, elastikiyet modülü 13082 N/mm^2 , çekme direnci $131,6 \text{ N/mm}^2$, makaslama direnci $9,90 \text{ N/mm}^2$, dinamik eğilme $0,95 \text{ kN/cm}$, radyal yarıma direnci $0,74 \text{ N/mm}^2$, teğet yarıma direnci $1,07 \text{ N/mm}^2$, liflere paralel brinell sertlik değeri $54,9 \text{ N/mm}^2$ ve liflere dik brinell sertlik değeri 27 N/mm^2 olarak verilebilir. *Fagus orientalis* Lipsky. Odunu % 78,99 holoselüloz, % 41,54 selüloz, % 25,21 pentozan, % 22,57 lignin içerir. Alkol-benzendeki ekstraktif madde çözünürlüğü % 1,51, sudaki ekstraktif madde çözünürlüğü % 1,92 ve kül oranı % 0,61 dir (As vd., 2002). Bozkurt ve Erdin (1997)'ye göre, kayın odunu diğer yapraklı ağaçlara oranla daha geniş kullanım yerine sahiptir. Özellikle masif ve bükme mobilya, lambri, spor aletleri, oyuncak, bobin, alet sapları, sandal ve fırın kürekleri, müzik aletleri, parke, kontrplak, kaplama levha, fiçı, karoser yapımında, tornacılıkta, maden direği, lif-kâğıt odunu olarak, odun kömürü, odun katranı, asetik asit eldesin de ve emprenye edildiğinde travers olarak kullanılmaktadır.

1.3.2 Kullanılan Isıl İşlem Metodu ve Odun Materyal Özellikleri Üzerinde Etkisi

Odunun ısıyla muamele edilmesi 1930'lu yıllarda bilimsel olarak ilk defa Almanya'da Stamm ve Hansen tarafından araştırılmıştır. Özellikle 1990' lı yıllardan sonra bu çalışmalar Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından ele alınmıştır. Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından birçok önemli çalışma yapılmıştır. Odunun

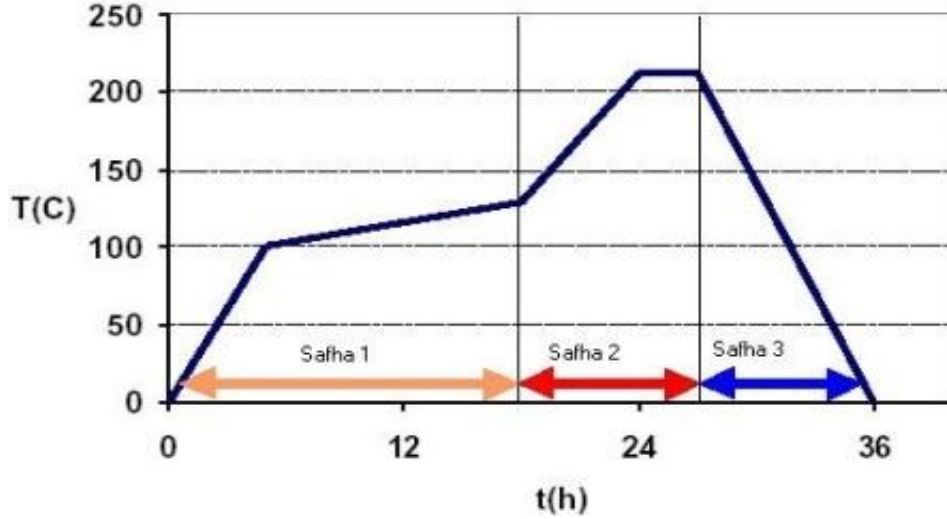
ısıyla muamelesi birkaç yöntemle (Hollanda–Plato yöntemi, Fransa–Retification ve Les Bois Perdure, Almanya–Yağla ısı muamele, Finlandiya–ThermoWood (su buharı altında ahşap malzemenin yüksek sıcaklıklarda muamelesi) yapılmasına rağmen en çok kullanılan yöntem VTT tarafından geliştirilen “ThermoWood” olarak adlandırılan muamele yöntemidir. Günümüzde ticarileşmiş tek yöntemde “ThermoWood” metodudur (Vitaniemi vd., 2001). ThermoWood üretim işlemi 3 safhada gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).

Bunlar:

İlk safha (*Kurutma Fazı*); ısı işlemde yönteminde en fazla zaman alan faz olmakla birlikte ayrıca bu faz yüksek sıcaklıkta kurutma olarak da adlandırılmaktadır. Ahşap malzeme kurutma fazının başlangıcında kuru veya yaş halde olabilir. Başarılı bir kurutmada iç çatlakların olmaması önemlidir. Kurutma işlemi sıcaklık artırılarak su buharı ortamında yüksek sıcaklıkta yapılır. Burada öncelikle ahşabın sıcaklığı hızla 100°C’ye çıkarılır, daha sonra yavaşça 130°C’ye kadar yükseltilir. Aynı zamanda ahşapta çatlakları önlemek için, ahşabı ön koruma amaçlı su buharı tatbik edilir. Nem miktarı hemen hemen sıfıra indirilir.

Isıl işlemin ikinci safhası (*Isıl-İşlem Fazı*); birinci evreyi takiben ısı işlem prosesi seviyesine bağlı olarak sıcaklık 185-215°C’ye kadar yükseltilebildiği gibi kapalı odalarda yapılmaktadır. Yanmasını engellemekte kullanılan gaz hem odunun korunmasında hemde odunda gerçekleşen kimyasal değişime etkisi bulunmaktadır. Isıl işlem 2-3 saat içerisinde gerçekleşmektedir.

Isıl işlemin son safhası (*Kondisyonlama*); Odun ısı işleminden sonra bir kontrol yolu olarak soğutulur. Burada odun ve dış hava arasındaki yüksek sıcaklığın sebep olabileceği çatlamalardan dolayı bu kademe titizlikle takip edilmelidir. Muamele sıcaklığına ve keresteye bağlı olarak Kondisyonlama 2-5 saat arasında yapılabilir.

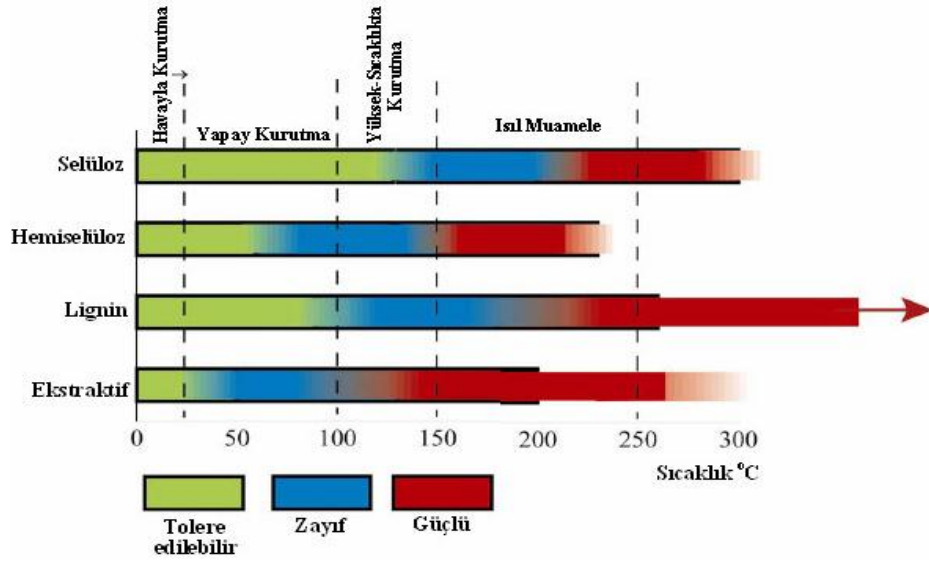


Şekil 1: Isıl işlem diyagramı (Mayes ve Oksanen, 2002).

Isıl işlem süresince kullanılan enerjinin %80'i 1. Safhada Kurutma için kullanılmaktadır. Bu kullanılan enerji klasik kereste kurutma prosesinde kullanılan enerjinin sadece %25'ini oluşturmaktadır. Ayrıca ısıl işlem yönteminde hiçbir kimyasal gerektirmeyip sadece su ve ısı enerjisi kullanılmaktadır (Mayes ve Oksanen, 2002).

1.3.2.1 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Kimyasal Değişimler

Yüksek sıcaklıklarda muamele sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha fazla degrade olduğu kabul edilir. Genellikle Polisakkaritlerin kaybı özellikle 180°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda başlamaktadır. Ancak bu durum muamele şartlarına bağlı olarak değişebilir. Odun yüksek sıcaklıkta ısıtılırken 140°C altındaki sıcaklıklarda su ve uçucu ekstraktiflerin kaybıyla yoğunlaşabilen parçacıkların oluşumu başlar. Bu sıcaklıkların üzerinde hücre duvarı polimerlerine bağlı olan daha gevşek yapılardan oluşan selülar parçalanma ürünlerinin oluşumu çok daha önemlidir (Bourgeois ve Guyonnet, 1991). Yükselen sıcaklıklara göre odun elemanlarındaki değişimler Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2: Odun elemanlarının sıcaklığa göre kararlılığı (Bourgois ve Guyonnet, 1991).

Bu durum özellikle hemiselülozun parçalanmasıyla meydana gelen asetik asit formasyonundan dolayı kaynaklanmaktadır. Bunun yanında odun ısıtmaya devam ederken yoğunlaşan gazların (özellikle CO₂) oluşumu kadar formik asit ve metanolün de bu şekilde etki yapabilmektedir. 140°C sıcaklıkların üzerinde “suyun yapı taşı” olarak adlandırılan dehidrasyon reaksiyonlarının oluşumu başlamaktadır. OH içeriğinde düşüş meydana gelir ve sıcaklığın artmasıyla başlayan bu durumun çok daha önemli olduğu düşünülmektedir. Sıcaklık artarken CO ve CO₂ ayrıca oluşan gazlar içerisinde belirlenmiştir. 270°C sıcaklıkta ekzotermik reaksiyonların gerçekleşmesinden dolayı reaksiyon kinetiklerinde önemli değişimler meydana gelmektedir (Bourgois ve Guyonnet, 1991).

1.3.2.2 Isıl İşlemden Dolayı Odunda Meydana Gelen Fiziksel Değişimler

Isıl muamele ile meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının düşüşüyle görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği düşünülmektedir (Viitanen vd., 1994a; Fengel ve Wegener, 1989). Düşük sıcaklıkta ısıl muameleyle, uçucu ve bağlı suyun kaybıyla düşük kütle kaybına sebebiyet verir. Makro moleküler bileşiklerin kaybı 100°C sıcaklığın üzerinde gerçekleşir ve ilerleyen zaman ve sıcaklıklar kütle kaybını olumsuz etkilemektedir. Isıl işlem sonucunda, boyutsal stabilizasyondaki artış, termal olarak modifiye olmuş odunda elde edilen en önemli özelliklerdendir. Yapılan çalışmalar

sonucunda boyutsal stabilizasyonun yalnızca kimyasal maddelerin kullanılmasıyla değil, sadece ısı muamelesiyle sağlanabileceği sonucuna varmışlardır (Yıldız, 2007). Inoue vd., (1993), Sugi (*Sryptmeriajapunica* D. Don) odunu 180, 200, 220°C sıcaklıklarda 2, 4, 6, 8 dk. buharla ve 4, 8, 12, 16 ve 20 dk. Isı ile muamele edilmiş ve ısı muamelesi süresince renk değişimleri incelenmiştir. L–a–b tekniğine göre yapılan renk testleri sonucunda 180°C’de buharla yapılan örneklerde düşük seviyelerde sararma gözlenmiştir. 200 ve 220°C ısı muamelesiyle odun yapısında koyulaşma gözlenmiştir. Sonuçta çeşitli zaman periyotlarında ve özellikle yüksek sıcaklıklardaki tüm örneklerde koyu bir renk değişimi belirlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıkta daha koyu bir renk elde edilebilmekte ve İYA ağaçlarda renk sürekliliği, kullanılan odunun yoğunluğuna ve ilkbahar ya da yaz odunu olup olmamasına bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Bourgois vd., 1991; Bekhta ve Niemz, 2003).

1.3.2.3 Isıl İşlemden Dolayı Odunda Meydana Gelen Mekaniksel Değişimler

Odunun direnci sıcaklıkla birinci dereceden alakalıdır. Dirençteki lineer düşüşler – 200°C’den 160°C’ye doğru değişen sıcaklıklardaki artışlarda daha net göze çarpmaktadır. Isının odun üzerinde etkileri 2 tipte toplanabilir. Artan sıcaklıkla oluşan ani etkiler ve odun polimerlerinin termal parçalanmasına neden olan kalıcı etkilerdir. Isıyla oluşan ani etkiler düzeltilebilmektedir. Ancak kalıcı etkiler düzeltilemez. Ani ve kalıcı etkilerin birleşimi daha fazla zarar meydana getirir. 102°C’de 335 gün fırında ısıtılan Duglas Gökmarı’ nın MOE %17, MOR %45 ve liflerde oluşan stresin sınırları %33 oranlarında düştüğü saptanmıştır (Millet ve Gerhards, 1972). Havasız ortamda 10 dk. 210°C’de ısıtılan YA’ ın MOR %2, sertliği %5 ve yüzey kabalığı %5 oranlarında düştüğü ise farklı çalışmalarda saptanmıştır. Son 20 yılda odunun direnci üzerinde artan yüksek sıcaklıklar ve maruzun kalıcı etkileri yoğun bir şekilde çalışılmıştır (Le Van vd., 1991; Winandy vd., 1991; Winandy, 1995a; Le Van vd., 1996; Green, vd., 2003, Winandy, 2001). MOE ve MOR gibi mekanik özelliklerin artan sıcaklık ve zaman süresince devamlı düştüğü saptanmıştır. Ayrıca bu durumun glikoz, ksiloz, galaktoz, arabinoz ve mannozdeki düşüşlerin sebep olduğu belirlenmiştir (Winandy ve Rowell, 2005). Yüksek sıcaklıklarda muamele sonuçlarına göre mekanik özelliklerde önemli düşüşler göze çarpmaktadır. Direnç kayıplarında higrotermal, hidrotermal şartlarda ve hava ortamında, havasız ortamda karşılaştırıldığında kapalı sistemlerde açık sistemlerde karşılaştırıldığında düşüş daha

fazladır. Ayrıca ısı işlem sonucunda YA odunları aynı şartlar altında muamele edildiğinde İYA odunların' dan daha fazla direnç kaybına uğradığı belirlenmiştir (Boonstra vd., 1998).

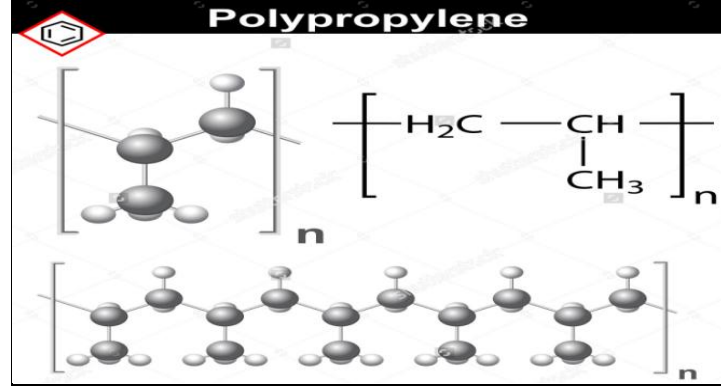
1.3.2.4 Isıl İşlemden Dolayı Odunda Meydana Gelen Biyolojik Değişimler

Isıl işlem görmüş odunun biyolojik direncini ölçmek için 3 çeşit test yapılır. Bu testler EN113 standartlarına göre gerçekleştirilmektedir. Deneyler küçük numunelerde kısa sürelerde yapılmaktadır. 8, 16, 24 ve 32 haftalar arası test mantarı *Coniopharaputeara* ve *Poriaplacentaki* bu mantarlar en yaygın ve en fazla çürümeye sebep olan biyolojik zararlılardır. Sonuçlar kahverengi çürüklüğe karşı direncin ısı işlem görmüş odunda daha iyi olduğunu göstermiştir. Fengel ve Wegener (1989), yapılan çalışmalarda ısıyla muameleyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı odun biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bunun üç temeli bulunmaktadır. İlki odunun yapısında doğal olarak bulunan suyun buharlaşması, mevcut hidroksil gruplarının azalması ve bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı olduğu belirlenmiştir.

1.3.3 Çalışmada Kullanılan Polipropilen Matriks ve Özellikleri

En hafif termoplastiklerden biri olan propilen yüksek saflıktaki propilen gazının basınç altında Ziegler-Natta katalizörlerinin yardımı ile radikal olarak polimerizasyonlaşması sonucunda elde edilmektedir (Anonim, 2001). Polipropilen şeffaf renkte ve kokusuz bir maddedir.

Propilenin polimerizasyonu sonucunda elde edilmektedir (Şekil 3). Yarı kristalin yapılı olup, sıkı, sert ve dayanıklıdır (Beşergil, 2008). Antioksidant katılmadığı takdirde ısı ve ışıkta bozulur. Yapısında kristal oranının yüksek olması nedeniyle zor boyanır. Elektriksel özellikleri iyidir, mantarlara ve bakterilere karşı dayanımı yüksektir. Kuvvetli asit ve bazlara karşı dayanıklıdır fakat klor, nitrik asit gibi oksitleyicilerden etkilenir. Zehirsizdir, uygun bir şekilde modifiye edilirse iyi bir ısı dayanımına sahip olur. PP her enjeksiyon makinesinde kolayca işlenebilir. Düşük nem alan bir malzeme olduğundan nem oranı %0,2 'nin altında olduğu durumlarda ön kurutma yapılması gerekmez (Teknoplen, 2004).



Şekil 3: Polipropilen polimerizasyonu (URL-1, 2016).

Polipropilen'e ait bazı materyal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir;

Tablo 1: Polipropilenin fiziksel özellikleri (Megep, 2009; Şahin, 2006).

Malzeme Özellikleri	Değerler
Erime Sıcaklığı	160-170 °C
Erime Isısı	21 cal/g
Yoğunluk	0.90-0.929 g/cm ³
Özgül Isı	0.46 cal/g °C
Bozunma Sıcaklığı	380-410 °C
Nem Tutma	%0.1
Elastiklik Modülü (MPa)	1400
Çekme Dayanımı(MPa)	35
Kopma Uzaması (%)	10-500
Termal İletkenlik	0.12
İsıl Genleşme Katsayısı	80-100

Polipropilen çok kullanılan bir polimerdir. Bunun nedeni ise fiyatının düşük olması bunun yanında düşük yoğunluğu ve yüksek yüksek spesifik özelliklerinin olmasıdır (Megep, 2009; Şahin, 2006).

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Polimerler

Polimerler, kovalent bağlar yardımıyla monomer denilen birimlerin birden çok sayıda bir araya gelerek oluşturdukları yüksek molekül ağırlığına sahip materyallerdir (Carley, 1993). Polimer kelimesi, yunanca çok anlamına gelen poli ve parça anlamındaki meros`dan gelmektedir. Polimerler doğal (selüloz, kollagen, keratin...vb.) yada sentetik (polipropilen, polietilen...vb.) olabilmektedir. Bir polimere, stabilizator, plastikleştirici yada diğer katkı materyalleri ilave edilirse plastik olarak adlandırılmaktadır (Osswald ve Menges, 1996; Maya vd., 2007). Polimerler genelde moleküler organizasyonlarına göre değişen, özellik ve davranışlarına göre üç tipte sınıflandırılırlar.

Termosetler, aşırı bir şekilde çapraz bağlanma yapan polimerlerdir ve bu bağlanma sonucu polimerin yapısı değişir ve tekrar eski yapısına dönemezler (Carley, 1993). Termoset polimerler sertleştiğinde, sıcaklığın artması derece polimerin degrade olmasına sebep olmaktadır. Termoset polimerlerde üç boyutlu ağımsı bir yapı moleküllerin kimyasal katılımıyla şekillenir ve polimerizasyon reaksiyonu (sertleşme reaksiyonu) süresince çapraz bağlanma oluşur. Termosetler yüksek ısı altında erimezler. Ancak, çapraz bağlanma sayısı düşük olduğunda, artan sıcaklıklarda erime ihtimalleri olabilir (Mallick ve Zhou 2003; Friedrich vd., 2005). Termoset polimer; epoksileri, fenoller ve izosiyanatları içermektedir. *Termoplastik polimer*, tekrar tekrar ısıyla yumuşayıp sertleşebilen polimerdir. Soğudukları zaman, uzun moleküllerin hareketi sınırlandığı için sertleşme hareketi göstermektedir. Bir termoplastik polimerde, moleküller kimyasal olarak bir arada bulunmaz ve zayıf ikincil bağlarla ya da Van der Waals ve hidrojen bağları gibi moleküller arası kuvvetlerle bir arada tutulur. Isıtıldığında, katı bir termoplastikte bu ikincil bağlar kırılabilir ve moleküller birbirlerine nispeten daha fazla yaklaşır ya da basınç uygulandığında yeni bir konfigürasyona dönüşür. Soğutulduğunda, moleküller yeni bir konfigürasyonda sertleşebilir ve ikincil bağlar yeniden düzenlenmektedir. Böylece termoplastikler istenildiği takdirde ısıyla yumuşayan, eriyen ve tekrar şekil alabilen hale ulaşır. Polietilen, poli karbonatlar ve naylon termoplastiklerdendir. Eğer termoplastik

polimer molekülleri, eriyik halden soğumaya başladığında yapısı düzensiz kalırsa, bu tip polimerler amorf termoplastikler olarak düşünülür ve katılma sıcaklığı da *cam geçiş noktası* (T_g) olarak bilinir. Bazı termoplastik polimerler soğudukları zaman tekrarlanan moleküler bir düzen alırlar. Bu durumda bu polimerler yarı kristalin polimerler olarak adlandırılır. Yarı kristalin polimerlerin kristallik seviyeleri %40-80 arasındadır. *Camsı geçiş sıcaklığı* (T_g) yanında, yarı kristal polimerler *kristalin erime sıcaklığına* (T_m) sahiptir (Clemons, 2008). *Elastomerler*; çekme kuvveti altında, çok yüksek oranda uzama gösteren ve kuvvet kaldırıldığı anda ilk uzunluğuna dönen çapraz bağlanmış kauçuğumsu polimerlere, ya da başka bir deyişle ağimsı yapılara denir. En çok kullanılanları; poliizopiren olarak adlandırılan kağıçuk, polibutadiyen, poliizobutilen ve poliüretandır (Zhen Yu ve Wing Mai, 2006). Günlük hayatta hemen hemen her yerde en az bir polimerik ya da plastik malzeme görebiliriz. Polimer materyaller hayatımızın birçok yönünde farklı malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Uygun maliyetli bir malzeme olan polimerler; birçok tasarım engelini aştığından kompozit ürününde, yapı materyallerinde, çeşitli araç gereçlerin yapımında, otomotiv sektörü gibi birçok sektörde tercih edilmektedir.

2.2 Polimer ve Polimer Matriks Kompozitler

Kompozit materyaller polimer matriks ve destek materyal olarak en az iki farklı materyalden oluşmakta ve kendi kompozitlerin' den farklı özelliklere sahip olmaktadır. Polimer matriks, devamlı bir faz halindedir. Destek materyalleri devamlı ya da kesintili lifler ya da partikül tozlar halinde olabilmektedir. Polimerler çok farklı kompozitlerin üretilmesinde; düşük yoğunluklu, kolay şekil alabilen, korozyona karşı direnç gösterebilen, düşük sertliğe sahip olan, metallerle karşılaştırıldığında dirençli olduğundan çok yaygın kullanılmaktadır. Bu durum polimer kompozitlerin temellerini oluşturmaktadır. Günümüzde farklı amaçlar için üretilen polimer kompozitler; mekanik, termal, elektrik ya da optik özellikleri iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. Polimer kompozitler genellikle esneklik, sağlamlık, mekanik direnç, sertlik ve kimyasal direnç bakımından avantajlara sahiptir. Termal kararsızlığı, işlenebilirlik ve yorma dirençlerinin düşük olması, polimer kompozitlerin dezavantajlarından (Mallick, 2007). En önemli yapısal uygulamaları; paketleme endüstrisi, hava, uzay araçları, otomotiv sektörü, mobilya, spor aletleri, liman altyapıları, elektronik, yapı sektörü, elektrik endüstrisi, sağlık sektörü,...vb. yerlerdir. Polimer kompozitlerinde, matriks materyalin rolü, destek partiküllerini bir arada tutmaktır. Kimyasallara karşı ve nem ve çeşitli biyolojik zararlılara ve çeşitli darbe/çarpmalara karşı

destek materyalinin yüzeyini korumaktır. Destek materyali ve matriks materyal arasındaki etkileşim büyük önem arz etmektedir. Bu etkileşimlerin zayıf olduğu kompozitlerde lif ya da destek materyali ile polimer matriks arasındaki yapışmayı ve matriks polimerin ıslanabilirliğini artırmak için destek materyallerine bazı bağlayıcı kimyasallar uygulanabilmektedir. Böylece, kompozit materyaldeki matriks ve destekleyici materyaller daha iyi bağlanacak ve daha dirençli kompozitler elde edilebilecektir (Friedrich vd., 2005).

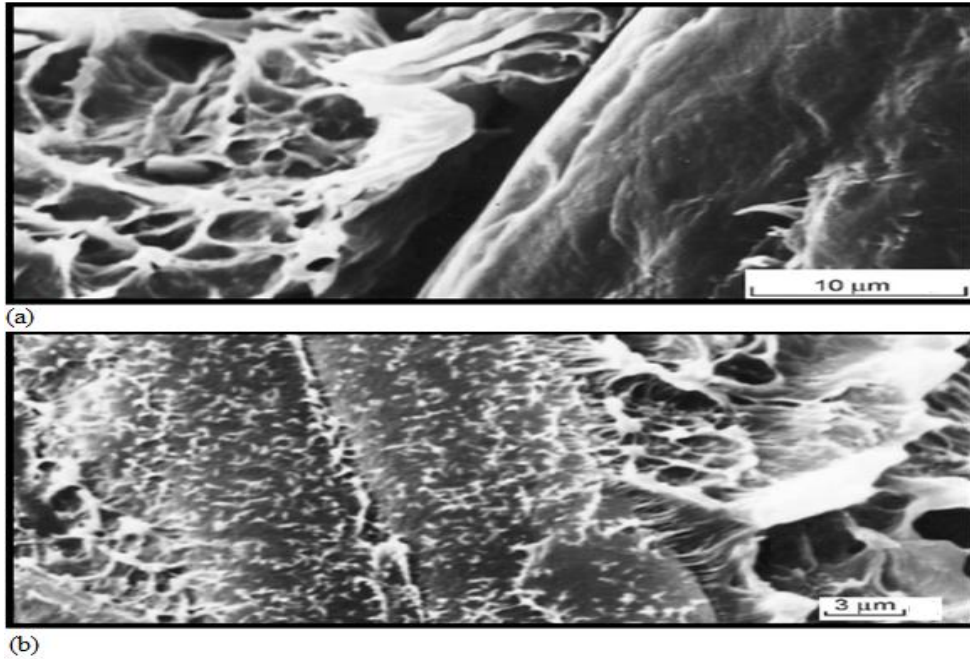
2.2.1 Makro/Mikro Destek Materyalleri

Polimer kompozitlerde destek materyalleri, son ürün olan kompozit için çok önemlidir. Uygun destek materyal tipinin seçimi, destek materyalinin hacim ve en-boy oranı (keçeleşme oranı) kompozitlerin özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Bu destek materyalleri, bir metal yada bir seramik gibi inorganik tozlar, karbon ya da bir metalik toz gibi organik bir materyal yada bir polimer olabilir. Bir kompozitin yapısal ağıını etkileyen faktörler; metalik destek materyalleri, destek materyallerinin boyutu, sertliği, şekli ve destek materyalinin dağılımlarıdır. Az oranlarda partikül kullanıldığında, partiküller arasındaki mesafe büyüktür bu nedenle partiküllerin homojen dağılması ya da yönlendirilmesi polimer matrikste sınırlı seviyede gerçekleşmektedir. Tanecikli mineral partiküller genellikle sertliği artırır fakat çatlama direncini ve kabalığını düşürürler (Ray ve Easteal, 2007; Tchoudakov vd., 1996). Polimer endüstrisinde, farklı destek materyalleri, kompozitin özelliklerini değiştirmek ve maliyetleri düşürmek için kullanılmaktadır. Bir destek materyali, küresel, polihedronya da lifler gibi çeşitli geometrik şekillerde olabilir. Tarihi perspektiften bakıldığında, bir destekçi materyalin ilk kez ticari kullanımını, Goodrich`in lastiğe karbon karasını ilave etmesidir. Bunu Baekland`in fenol formaldehit plastiğine odun unu eklemesi takip etmiştir (Harnby vd., 1992). Özellikler bakımından irdelendiğinde, partikül oranı ve karıştırılması yanında partikül morfolojisi, boyutu, dağılımı, yüzey alanı ve enerjisi gibi destek materyallerinin genel karakteristikleri; reolojik özellikleri etkilediği için farklı partiküllerle desteklenmiş polimer kompozitlerin birçok özelliğini etkilemektedir. Partiküllerin şekillerini gösteren partikül morfolojisi reolijiyi ve karışıma ekleme oranlarını etkiler. Kompozit sistemin; serbest yüzey enerjisi, destek materyali ve matriks polimer arasındaki faz sınırları, partiküllerin her birine tutunan polimer matriksin enerji sınırlarını ya da matriksteki dağılımlarının nasıl olduğunu göstermektedir. Nisbi fazların bir arada kalmaları için ayrı ayrı her fazın moleküllerinin çekim kuvvetleri partiküllerin homojen ya da heterojen yayılmalarından sorumludurlar.

Yüzey enerjileri; hem yüzey alanı hem de kompozisyonlarının bir fonksiyonudur. Bazı kompozit materyallerde moleküllerin çekim kuvvetleri zayıf olduğu için kompozitlerin özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Bu yüzden karışımdaki materyallerin yüzeyleri modifiye edilerek, yüzey enerjileri değiştirilir. Böylece daha iyi kompozit materyaller elde edilebilmektedir. Reolojik ve fiziksel özellikleri önemli oranlarda etkileyen, partiküllerin eklenme oranları ve karışım şekilleri de önemli değişkenlerdir (Ray ve Easteal, 2007). Sanayide birçok farklı partikül kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanları; karbon, kalsiyum karbonat, kil, talk, cam lifi, mika, odun ve silikalardır (Harnby vd., 1992).

2.3 Polimer Matriks/Destek Materyal Arasındaki Etkileşimler

Çeşitli partiküllerle desteklenen polimer matriks kompozitlerin yapısı ve özellikleri, kompozit materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynar. Genelde, partikül ve polimer matriks arasındaki yapışma ve fazlar arası etkileşim (Şekil 4) kompozit sertliğine çok az etki eder. Fakat yapışma ve fazlar arası etkileşimin iyi olup olmaması, nem stabilizasyonunu, yorma gibi uzun süreli özellikleri, kabalık ve direnç gibi özellikler üzerinde çok önemli etkilere sahiptir. Yapışma, birleştirme ya da uyumluluk sağlayan kimyasallarla iyileştirilebilir (Oksman ve Bengtsson, 2007; Niska ve Sanadi, 2008).



Şekil 4: Polietilen matriks ve odun arasındaki kötü (a) ve iyi (b) bağlanma (Oksman ve Bengtsson 2007).

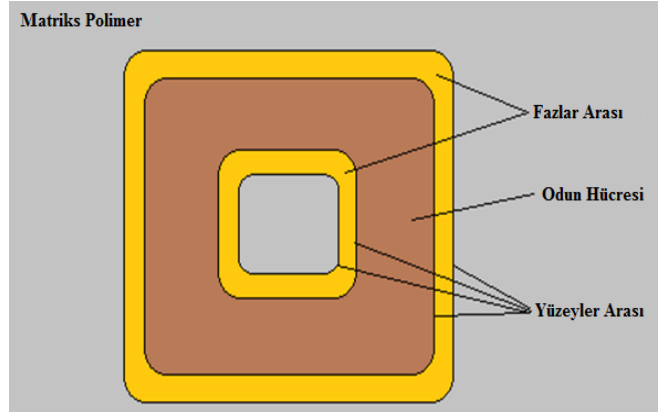
Partikül yüzeyleri, polimer matriksle farklı etkileşimlere sahip olabilir. Yapılan çalışmalara göre odun unu gibi lifsel partiküller ve doğal destek materyallerinin heterojen yapılarından dolayı birçok yapışma problemi meydana gelebilmektedir. Bu değişkenlik, doğal partiküller üzerinde hem düşük hem de yüksek yüzey enerjilerinin bulunabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bazı bölgeler matriksle herhangi bir etkileşim göstermez. Buna karşın diğer kısımları, polimer molekülleriyle spesifik etkileşim alanları sağlar. Bazı liflerin yüzeyleri kaba ya da düzgün bir yapıya sahip olabilmektedir. Bundan doğabilecek kötü etkileşimlerde lif yüzeyleri modifiye edilerek bu alanlardaki etkileşimleri iyileştirilebilmektedir (Ruckenstein 1969; Pizzi ve Mittal, 2003; Niska ve Sanadi, 2008).

Şekil 4'de odun-polimer kompozitlerinin içyapılarının elektron mikroskobu görüntüleri verilmiştir. Burada polietilen odun kompozitlerinde iyi ve kötü yüzeyler arası yapışma farkı net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4 (a)'da hiçbir uyumsuzluk giderici kullanılmadığı zaman odun polimer kompozitlerinin mikro yapısını göstermektedir. Burada, odun lif yüzeyleri hayli düz ve temiz, buna karşın polietilen matriks ise hayli kaba görülmektedir. Üstelik lif ve matriks polimer arasında boşluk ya da çukurlar göze çarpmaktadır. Bu durum da yapışmanın kötü olduğunu göstermektedir. Şekil 4 (b) bir uyum sağlayıcı eklendiği zaman polietilen odun unu kompozitlerinin mikro yapısını göstermektedir. Şekilde, uyum sağlayıcılar kısmen kaplanmış olan odun ununu polimer matriksden ayırmanın daha zor olduğu görülmektedir. İki bileşen arasında boşluk ya da küçük yarıklar bulunmamaktadır. Bu da kompozitin iç yüzeyinde güzel bir yapışma olduğunu göstermektedir (Niska ve Sanadi, 2008).

2.3.1 Polimer Matriks Kompozitlerde Yüzeyler ve Fazlar Arası İlişkiler

Yüzeyler arası etkileşim, iki materyalin yüzeylerinin arasında kalan iki boyutlu yüzeyde meydana gelir. Buna karşın fazlar arası etkileşim; lif ya da partikülün polimer matriks topağının arasındaki üç boyutlu topaklanmış bölgelerdeki etkileşimler olarak tanımlanır. Polimer matriks ve partiküller arasındaki zayıf etkileşim aralarındaki yapışmayı azaltır (Ruckenstein, 1969; Pizzi ve Mittal, 2003). Şekil 5 bir polimer kompozitin enine kesitinde yüzeyler ve fazlar arasının şematik bir yapısı gösterilmektedir. Şekilde iki yüzeyin olduğu görülmektedir. Bunlardan biri fazlar ve odun hücreleri arasında, diğeri ise fazlar ve polimer matriks arasındadır. Şekil incelendiğinde bir kompozitte meydana gelebilecek olan farklı yıkım senaryoları görülmektedir. En basit durumdan bakıldığında; partikül fazı arası

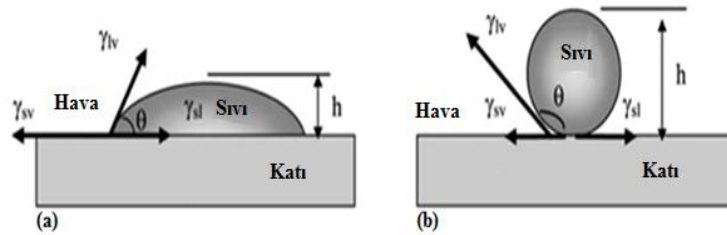
yüzey, matriks fazı arası yüzey, yada fazlar arasında yapışma hatası (kohezif) olabilmektedir. Fakat genelde odun polimer kompozitlerde hatalar çok daha kompleksdir. Bu durum kompozit yüzeylerin eğri ve dengesiz doğasından kaynaklanmaktadır (Niska ve Sanadi, 2008).



Şekil 5: Odun polimer kompozitlerin enine kesitlerinde yüzeyler ve fazlar arası bölgelerin şematik tarifi (Niska ve Sanadi, 2008).

2.3.2 Islanma, Yapışma ve Dispersiyon (Yayımla)

Islanma ve yayılma, iki faz arasında iyi bir yapışmanın sağlanması için çok büyük bir öneme sahiptir. Islanma bir yüzeyle temas eden sıvının, yüzeyle yaptığı açı olarak tanımlanabilir (Şekil 6) (Aydın 2004; Jabbari ve Peppas, 1994). Odun termoplastik kompozitlerinde, odun ve polimer yüzeyleri arasında direk yüzeyler arası temas açısının derecesiyle karakterize edilir. Yapışma, yükün iki materyal arasında iletilebildiği iki yüzeyin bir arada birleşmesidir ve iki yüzeyi ayırmak için gereken iş miktarıyla belirlenebilir. Dispersiyon derecesi, kolloidal bir sistemde karışım derecesini göstermektedir (Mitchell, 2004; Niska ve Sanadi, 2008).



Şekil 6: Masif bir yüzeyde bir damlanın temas açısı, ıslanma(a) ve ıslanmama durumu(b) (Aydın, 2004).

İyi bir dispersiyon kolladiyal olarak kararlı bireysel partiküllerin homojen dağılımlarıyla meydana gelir. Kötü bir dispersiyon partikül yığınlarından kaynaklanmaktadır. İslanma, dispersiyon ve yapışma birbirine çok yakın olan üç konsepttir. İslanma, önemlidir fakat kompozitlerde yapışmayı ve iyi dispersiyonu sağlamada yeterli bir şart değildir. İyi bir ıslanma bile, dispersiyonun yeterli olacağını göstermez ve iyi bir lif matriks yapışmasını garanti edemezler. İslanma genellikle Young eşitliği (Eşitlik 1) ile ifade edilmektedir (Niska ve Sanadi, 2008).

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cdot \cos\theta \quad (1)$$

Burada;

γ_{SV} : Yüzey enerjileri ya da katı/buhar yüzey gerilimleri

γ_{SL} ve γ_{LV} : Katı/sıvı ve sıvı/gaz yüzeyler

İdeal olarak ıslanmanın tamamlanması, için θ sıfır olmalıdır. θ ne kadar yüksek olursa penetrasyonun olması için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Polimer eriyiklerinde yüzey gerilimlerinin azaltılması sürfaktantlar kullanılarak sağlanabilir. Fakat, partikül yüzey enerjisini artırmak yada daha düşük polimer yüzey enerjisi gibi sistemlerin yüzey enerjisinin değişimi ıslanmanın iyileşmesiyle sonuçlanabilir. İyi bir yapışma ve ıslanma için ön şarttır. İkinci şart ise fazlar arasında temasın sağlanmasıdır. İslanmamış alanlar çok zayıftır ve yapışma direncine katkı sağlayamamaktadır (Mitchell 2004; Niska ve Sanadi, 2008).

2.3.2.1 Kimyasal Bağlanma

Kovalent bağlanma, polimer matriksteki uygun kimyasal gruplar ve partikül yüzeylerindeki kimyasal gruplar arasında oluşur. Kimyasal bağlanma, partikül yüzeyleri ve matriksteki bazı moleküller arasında oluşur (Mitchell, 2004). Yüzeyler arası direnç, kimyasal bağ sayısı ve bağ tipine bağlıdır. Polimer kompozitlerde, silan gibi gruplar matriks ve partiküller arasında kimyasal köprü oluşturabilmektedir. Bir siloksan köprüsü, partikülün yüzeyinde oluşur, buna karşın silanın diğer ucu polimerle etkileşim içine girer (Bengtsson ve Oksman, 2006). Maleatlanmış poliolenfinler partikül yüzeyinde bir kimyasal

bağ oluşturmak için kullanılabilir ve anhidrit aşılınmış polimer moleküllerinin diğer ucu fiziksel olarak matriks polimerle birleşir (Oksman ve Clemons, 1998).

2.3.2.2 Elektrostatik Bağlanma

Materyallerde, bir yüzeyi negatif ve diğer ucu pozitif bir kuvvet gibi iki yüzey arasında farklı akımlar, çekim kuvvetleriyle beraber oluşabilir. Yüzeyler arası direnç, bu bağların sayısı ve yoğunluğuna göre değişim gösterebilmektedir. Bu kuvvetler, iyonik, hidrojen bağlanma, asit– baz etkileşimleri, dipol dipol ve polar etkileşimler ve Van der Waals kuvvetlerini kapsamaktadır (Dillard vd., 2002; Niska ve Sanadi, 2008).

2.3.2.3 Mekanik Bağlanma

Mekanik bağlanma, iki yüzeyin fiziksel kenetlenmesiyle oluşabilir. Makaslama sürtünmesi; böyle durumlarda önemli olmaktadır. Yüzey kabalığı, yüzey alanı artacağı için yapışmayı artıracaktır. Mekanik yapışmanın bu türü, tek ya da her iki faz sıvı ise oluşabilir ve moleküler seviyede zayıf ikincil bağlarda hiç etkileşim olmasa da yük transferi mümkün olabilir. Odun polimer kompozitleri matriks polimer düşük viskoziteye sahip olduğu zaman bu bağlanma oluşur ve bu mekanizma etkili yük transferine önemli bir katkı yapabilir. Böyle durumlarda mekanik yük transferi yüksek olabilmesine rağmen; yorma gibi uzun süreli özellikler yâda odun lifine su absorpsiyon oranlarında çok az iyileşme görülmüştür (Dillard vd., 2002).

2.3.2.4 Materyaller Arası Difüzyon

İki molekül arasında moleküler birleşmeden iki polimer arasında etkileşimlerin oluşması mümkündür. Yapışma ve etkileşim seviyesi, moleküler birleşme miktarına bağlıdır. Moleküler birleşme, difüzyon seviyesine bağlıdır ve minimum polimerizasyon derecesi, yapışma direncinin yükseltilmesi için gereklidir. Maleatlanmış propilen (MAPE) anhidrit polimerinin maleik grupları ve odun lif yüzeyleri arasında kimyasal bağlanma oluşur. Bunun yanında MAPE diğer ucu PE matrikste yüzeyler arası difüzyonla sonuçlanır (Oksman ve Clemons, 1998). Polimer zincirin uzun olması moleküler birleşme süresince optimal yük transferi elde etmek için gereklidir. Matriks ve odun lifleri arasında daha güçlü

bir moleküler etkileşim, o kadar büyük yapışma direnci ve o kadar iyi bir yük transfer etkisiyle gösterebilir. En güçlü yapışma olan kovalent bağlar; lif ve birleştirme kimyasalı ya da matrikslerin kendisi arasında oluşur. Yüzeyleler arası modifikasyonla, bu tip etkileşimler elde edilebilir. Yüzeyleler arası mesafe boyunca hidrojen bağları, diğer asit-baz etkileşimleri, dipol-dipol etkileşimleri ve dispersiyon kuvvetleri, yapışmanın iyileşmesi için bir etki sağlamaktadırlar. Kovalent bağların avantajları, odun lifi ve polipropilen arasında yapılan birçok deneyde belirlenmiştir (Sanadi vd., 1993).

2.4 Konu Hakkındaki Yapılmış Çalışmalar

Isıl işlem görmüş odun kullanılarak hazırlanan literatürde farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar genelde malzeme özellikleri üzerine çalışılmış olup Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2: Daha önce yapılan konuyla ilgili çalışmalar.

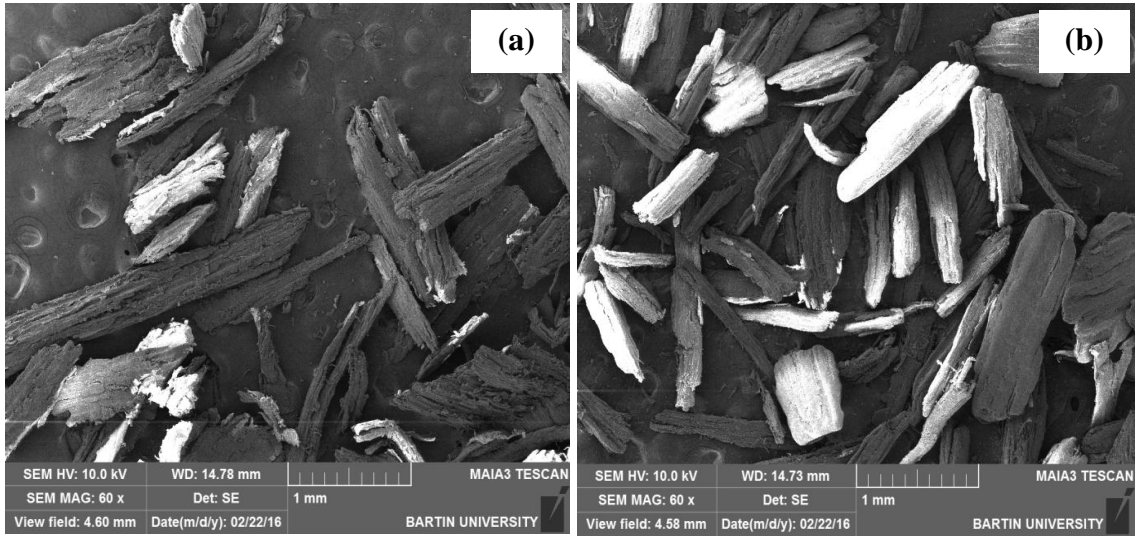
Materyaller	Yöntem	Testler	Kaynaklar
HDPE ve Odun Unu (175, 190 ve 205 °C)	Çift vidalı ekstruder	Mekanik özellikler ve SEM	Kaboarani vd., 2008
PP, Pamuk unu (140, 160 ve 180 °C)	Colline Ekstruder	Çekme Dayanımı ve Modül, SEM,	Eslam vd.,2011
LDPE ve Balau unu (180 ve 200 °C)	Çift vidalı Ekstruder	TGA, DSC, Mekaniksek özellikler ve SEM	Lafia-Araga vd., 2012
PP, Odun unu (105 ve 204 °C)	Yüksek şiddetli mikser	Mekanik özellikler, SEM, DSC, Kristalizasyon özellikleri	Ndiaye vd., 2012
PP ve odun unu (150 °C)	Termal mikser ve pres kalıplama	SEM, DMA ve mekanik özellikler	Shu-pin et al., 2012
HDPE ve Odun unu (150 ve 180 °C)	Termal mikser ve pres kalıplama	TGA ve bozulma reaksiyonları	Li vd., 2013
PP ve Odun unu (200 °C)	Çift vidalı Ekstruder	Su alma, XPS, Mekanik özellikler, DMA, SMA, SEM	Luo vd., 2014
PA6, Odun unu (210 °C)	Brabender Prep-mixer	TGA, XRD, Mekanik Özellikler, Reoloji analizi	Aydemir vd., 2015
HDPE ve Bambu lifi (150 ve 180 °C)	Termal mikser ve pres kalıplama	DSC ve kristalizasyon özellikleri	Li vd., 2015
PP, Odun unu (120, 150 ve 180 °C)	Çift vidalı Ekstruder	Mekanik özellikler ve SEM	Arwinfar vd., 2016
HDPE ve Odun unu (170 °C)	Tek vidalı ekstruder ve basınçla kalıplama	TGA, DSC, FTIR ve Teknolojik Özellikleri	Tufan vd., 2016

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada polimer matriks olarak Polipropilen (PP) kullanılmıştır. PP, Türkiye’de PETKİM A.Ş’den temin edilmiş olup enjeksiyon kalıplamaya uygun olan EH241 tip PP seçilmiştir. Satın alınan polimerden PP, doğal beyaz renkte 3-5 mm çapında olup 25 kg’lık paketler halinde temin edilmiştir. Dolgu olarak Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L) odunu kullanılmıştır. Odununu (UT), 3 farklı mesh kalınlıklarında 40, 60 ve 100 mesh olarak hazırlanmıştır. Ayrıca yüksek sıcaklıkta modifiye edilen odununu (180°C Isıl işlemlili: 1 (HT1) ve 220°C Isıl işlemlili: 2 (HT2)) kontrol partiküllerinde olduğu gibi 40, 60 ve 100 mesh olacak şekilde hazırlanmıştır. Şekil 7, çalışmada kullanılan odun unlarına ait SEM resimlerini göstermektedir.



Şekil 7: Çalışmada kullanılan UT (a) ve HT (b) odun unlarına ait SEM görüntüleri.

3.2 Kompozitlerin Hazırlanması

Çalışmada Polipropilen ve ısıl işlemlili odun unları ile hazırlanan odun polimer kompozitlerinin özellikleri araştırılmıştır. Polipropilenin mekanik özellikleri üzerindeki

etkilerini belirlemek için 40, 60 ve 100 mesh kalınlıklarda ve %5, 20 ve 40 oranında odunu kullanılmıştır. Çalışmada hazırlanan kompozit formülasyonları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Çalışmada hazırlanan kompozit formülasyonları.

Formülasyonlar	PP	Kontrol (UT) (mesh)			Isıl-ışlem: 1-(HT1) (180°C) (mesh)			Isıl İşlem: 2-(HT2) (220°C) (mesh)		
		40	60	100	40	60	100	40	60	100
PP Saf	100									
PP-UT4-5	95	5								
PP-UT4-20	80	20								
PP-UT4-40	60	40								
PP-UT6-5	95		5							
PP-UT6-20	80		20							
PP-UT6-40	60		40							
PP-UT10-5	95			5						
PP-UT10-20	80			20						
PP-UT10-40	60			40						
PP-HT1-4-5	95				5					
PP-HT1-4-20	80				20					
PP-HT1-4-40	60				40					
PP-HT1-6-5	95					5				
PP-HT1-6-20	80					20				
PP-HT1-6-40	60					40				
PP-HT1-10-5	95						5			
PP-HT1-10-20	80						20			
PP-HT1-10-40	60						40			
PP-HT2-4-5	95							5		
PP-HT2-4-20	80							20		
PP-HT2-4-40	60							40		
PP-HT2-6-5	95								5	
PP-HT2-6-20	80								20	
PP-HT2-6-40	60								40	
PP-HT2-10-5	95									5
PP-HT2-10-20	80									20
PP-HT2-10-40	60									40

Kompozitlerin hazırlanması için kullanılan polimer matriks ve odun unları, hidrolitik bozulmaya maruz kalmaması için $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bir etüv içerisinde 1 gün boyunca bekletilerek kuruması sağlanmıştır. Kompozitler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde bulunan Gülnar Ekstruder markalı çift vidalı ekstruder kullanılarak

hazırlanmıştır. Karışım süresince; vidanın giriş çapı 10 cm, çıkış çapı 11,48, dış yüksekliği 1,75 cm ile başlayıp çıkış noktasında ise 1 cm ile bitecek şekilde konumlandırılmıştır. Üretim süresince karışım sıcaklığı 180°C ve ekstruder vida dönme hızı 65 devir/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruder yardımıyla elde edilen karışımlar soğutma sisteminden geçerken sertleştirilmiş ve kırıcılar yardımıyla kırılarak granül haline getirilmiştir. Granüller, presleme öncesinde $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bir etüv içerisinde 24 saat süreyle bekletilmiştir. Elde edilen polimer partikül karışımları preslenerek kompozit levhalar haline getirilmiş ve elde edilen levhalar kesilerek numaralandırılmıştır. Kompozitlerin hazırlanması ve test örnekleri haline getirilmesi süreci Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8: Kompozitlerin hazırlanması.

Hazırlanan test örnekleri deney aşamasına geçmeden önce iklimlendirme kabiniinde 2 gün boyunca 65% bağıl nem ve 20°C’da bekletilerek mekanik testler için hazır hale getirilmiştir.

3.3 Kullanılan Metotlar

3.3.1 Yoğunluk

Hazırlanan kompozitlerin yoğunluğunun belirlenmesinde ASTM D 792-98 standardı takip edilmiştir. Kompozitler 103±2°C sıcaklıkta 1 gün etüvde bekletilmiştir. Çekme deneyinden kalan örnekler kullanılarak yoğunluk deneyi yapılmıştır. Yoğunluk değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir; (Eşitlik 2)

$$\text{Yoğunluk } (\rho) = 0,9975 \cdot \left(\frac{A_h}{A_s} \right) \quad (2)$$

Burada;

ρ = kompozitlerin yoğunluğu, A_h = kompozitlerin etüvden çıktıktan sonraki ağırlıkları, A_s = kompozitlerin etüvden çıktıktan sonraki hacimleri.

3.3.2 Çekme Direnci (TMOR) ve Çekmede Elastikiyet Modülü (TMOE)

Çekme direncinin belirlenirken ASTM D 638 standardı takip edilmiştir. Örnek boyutları 4 x 18.6 x 165 olup her bir örnek için 6 adet numune kullanılmıştır. Zwick marka Universal test makinesi kullanılarak gerçekleştirilen teste makine hızı 3 mm/dk. olarak ayarlanmıştır. Kuvvete maruz kalan enine kesit alanı 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüş ve kırılma anındaki maksimum kuvvet belirlenerek çekme dirençleri hesaplanmıştır. Bunun için kullanılan eşitlik; (Eşitlik 3)

$$\text{ÇD} = \frac{P_{\max}}{a \cdot b} \quad (3)$$

Burada;

ÇD= Çekme direnci (MPa), Pmax= Maksimum kuvvet (N), a ve b= Örneklerin en kesitsel boyutları (mm²).

3.3.3 Eğilme Direnci (FMOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modülü (FMOE)

Hazırlanan kompozitlerin eğilme direnci (σ_e) ve eğilmede elastikiyet modülü (E)'ne bakılmıştır. Hazırlanan örnekler 4 mm kalınlığında, 160 mm uzunluğunda ve 14 mm genişliğindedir. Bu deney için her bir kompozitten 6 örnek kullanılmıştır ve elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu test için UTEST Üniversal Test Makinesi kullanılmıştır. Bu testte dayanaklar arası açıklık 12 mm olup test hızı 3 mm/dk'dır. Bu deneyde kullanılan eşitlikler şu şekildedir; (Eşitlik 4)

Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3.F.L}{2.b.d^2} (MPa) \quad (4)$$

Eğilmede elastikiyet modülü; (Eşitlik 5)

$$E = \frac{F.L^3}{4.b.d^3.\Delta} (MPa) \quad (5)$$

F= Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N), L= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), d= Örnek kalınlığı (mm), b= Örnek genişliği, Δ = Eğilme miktarı (mm).

3.3.4 Çentikli Şok Direnci (Izod-IS)

Çentikli şok direnci testi, ASTM D 256 standardına göre 6 adet örnek kullanılmıştır. Bu test için ilk olarak Polytest RayRan marka cihazda örneklere çentik açılmış ve bu örnekler 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Bu aşamadan sonra Zwick Roell marka üniversal test makinesinde çentikli şok direnci deneyi gerçekleştirilmiştir. Çentikli şok direnci testi için örnek boyutları, eğilme test örneklerinin yarısı alınarak hazırlanmıştır.

3.3.5 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Kompozitlerin taramalı elektron mikroskobu analizleri Tescan marka (MAIA3 XMU) cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerden kesitler alınmış ve temiz bir kırık yüzey elde edilmiştir. Bu yüzeylerde parlamının önlenmesi için bu yüzeyler altın tozuyla kaplanmıştır.

3.3.6 Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA; örnek ağırlığının, deney sırasında sıcaklık ve zamana göre değişiminin ölçülmesinde kullanılmaktadır. DTG, TGA eğrilerinin sıcaklık ve zamana bağlı olarak alınan birinci türevleridir (Aydemir, 2012). Yaklaşık 10 mg'lık örnekler üzerinden gerçekleştirilen TGA deneyinde Perkin Elmer marka TGA-DTA cihazı kullanılmıştır. Bu deneyde oksidasyonu engellemek için 20 ml/dk akış hızında azot gazı kullanılmıştır. Test esnasında 10°C/dk ısıtma hızıyla sıcaklık oda sıcaklığından 600°C'ye kadar arttırılmıştır.

3.3.7 Diferansiyel Tarama Spektroskopu (DSC)

10 mg'lık örnekler üzerinden gerçekleştirilen bu deneyde Perkin Elmer marka DSC cihazı kullanılmıştır. Test esnasında kullanılan sıcaklık hızı 10°C/dk olup sıcaklık 25–300°C arasındadır. Bu testte kullanılan azot gazı akışı ise 20 ml/dk'dır. Deney, izoterm noktalarına göre hem soğutma hem de ısıtma şeklinde yapılmıştır. Örnekler 25°C sıcaklıktan 300°C'a 10°C hızla ısıtılmış burada 5 dakika bekletilmiş, 300°C'den 25°C'ye 10°C hızla soğutulmuş burada 5 dakika bekletilmiş, 25°C'den 300°C'ye 10°C hızla çıkılarak 5 dakika burada bekletilmiştir. Son olarak 300°C'den 25°C'ye 10°C hızla soğutulup deney sonlandırılmıştır. Kristalinite değeri aşağıdaki formül kullanılarak bulunmuştur; (Eşitlik 6)

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_{m0}} \times 100 \quad (6)$$

Burada;

$X_c(\%)$ = Kristalinite değeri, ΔH_m = Erime entalpisi, w = Ağırlık fraksiyonu, ΔH_{m0} = %100 kristalin haldeki erime entalpisi (207 J/g).

3.3.8 FTIR Analizi

FTIR analizi, 4000–800 cm⁻¹ dalga boylarında Shimadzu IRAffinity-1 FTIR marka cihaz kullanılarak numune başına 32 tarama ile ve 4 cm⁻¹ çözünürlükte yapılmıştır.

3.3.9 X-ışını kırınım analizi (XRD) ve Partikül Kristallik İndeksinin Belirlenmesi

Kristallik derecesinin araştırılmasında x-ışını kırınım analizinden yararlanılmıştır. XRD analizinde; 40 kV voltaj ve 30 mA akımına sahip Rigaku Smartlab marka cihaz kullanılmıştır. Kristallik indeksi aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 7) kullanılarak hesaplanmıştır (Rabiej 1991,2003; Dencheva vd., 2005; Aydemir, 2012) ;

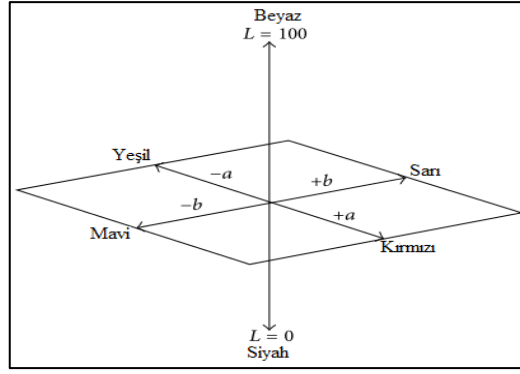
$$CI(\%) = \frac{\sum A_c}{\sum (A_c + A_a)} \quad (7)$$

Burada;

A_c= Kristalin tepeler altındaki toplam alan, A_a= Amorf üst noktalar altındaki toplam alan, CI= % cinsinden kristalinite indeks değerini göstermektedir.

3.3.10 Yaşlandırma Deneyi

Yaşlandırma, Q-LAB QUV model yaşlandırma cihazı kullanılarak gerçekleştirilen yaşlandırma deneyi 8 saat UV ve 15 dk su püskürtme olmak üzere toplam 384 saat sürmüştür. Deneyde ASTM G154 standardına uyulmuştur. UV dalga boyu 4 aşamada da 0.75 olarak, sıcaklık ise 50°C olarak ayarlanmıştır. Yaşlanma işlemi sonrasında, renk ölçümü ISO 7724 standartına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. CIELab sistemi Şekil 9'da görüldüğü gibi; L, a ve b (renklilik koordinatları) olmak üzere üç parametreden oluşmaktadır. a > 0 kırmızı, a < 0 yeşil, b > 0 sarı, b < 0 mavi rengi temsil etmekte olup, L sıfır (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişmektedir.



Şekil 9: CIELab renk uzayı (URL- 2, 2015).

Renklilik koordinatlarına (L, a ve b) her bir örnek için yaşlandırma öncesi ve sonrasında bakılmıştır. Renk ölçümü D65 ışık kaynağı cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonrası bulunan bu değerler renk değişiminin bulunmasında kullanılmıştır. Renk değişiminin hesaplanmasında aşağıdaki denklemlerden yararlanılmıştır; (Eşitlik 8)

$$\Delta L = L_f - L_i; \Delta a = a_f - a_i; \Delta b = b_f - b_i; \Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (8)$$

ΔL , Δa , Δb : renklerin ilk hali (i) ile son hali (f) arasında oluşan değişiklikler, ΔE : Renklerin L, a ve b yönlerinde meydana gelen toplam renk değişikliklerini göstermektedir. Yaşlanma sonrası kompozitlerin yüzeylerinde meydana gelen değişimler SEM ile incelenerek, yaşlanmayla yüzeyde meydana gelen bozulmalar tespit edilmiştir.

3.3.11 Mantar Testi

EN 113 (1996) standardına göre, mantar testi için kullanılan kompozitler 0,5 x 1,5 x 3 cm boyutlarında ve her formülasyon için 6 tekrarlı olacak şekilde hazırlanmıştır. Mantarların besi ortamı için hazır %48'lik malt-agar karışımı kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltiyi sterilize etmek için erlenlerin ağzı alüminyum folyo ile kapatıldıktan sonra 121 °C' deki otoklavda 20 dakika bekletilmiş ve aşılama kabininde soğutmaya bırakılmıştır. İyice soğuktan ve dökülme kıvamına geldikten sonra her bir petri kabına yeterli miktarda (23 ml) dökülmüştür. Besi ortamlarına beyaz (*Trametes versicolor*) ve esmer çürüklük (*Coniophora puteana*) mantarları aşılandıktan sonra mantarların büyüebilmesi için petri kapları 22±1 °C ve %65±5 bağıl nemdeki iklimlendirme odasında mantar gelişimi tamamlanmaya kadar bekletilmiştir. Süre sonunda petri kaplarına çürüklük öncesi (Çö)

tam kuru ağırlıkları alınmış olan test ve kontrol örnekleri yerleştirilip iklimlendirme odasında 8 hafta süreyle bekletilmişlerdir. Süre sonunda petri kaplarından alınan örnekler 60 ± 2 °C'deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra ağırlıkları alınıp çürüklük sonrası tam kuru ağırlık olarak (Çs) kaydedilmiş ve ağırlık kaybı hesaplanmıştır.

3.3.12 İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS istatistiksel paket programı kullanılarak ve %95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Veriler ve bunlar arasındaki istatistiksel farklılık basit varyans analizi ile hesaplanmıştır. İlişki olması durumunda ağırlık kaybı üzerine etkili olan varyasyon Duncan testi ile belirlenmiştir.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma ısıl işlem görmüş odun yongalarının boyut ve muamele süresinin Polipropilen (PP) kompozitlerinin özellikleri üzerine etkisi belirlemek ve elde edilen ısıl işlem görmüş odun PP kompozitlerinin özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Çalışmada; 40, 60 ve 100 mesh kalınlıklı, Kayın odununu %5, %20 ve %40 oranında kullanılarak PP kompozitlerin mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiş ve kompozitlerin mekaniksel olarak en iyi direnç değerlerine sahip kompozitlerin SEM ile morfolojik özellikleri, TGA/DTG-DTA ile termal özellikleri ve FTIR ve XRD ile yapısal özellikleri ve yaşlanma ve mantar testleri ile dış ortam performansı test edilmiştir.

4.1 Isıl İşlem Görmüş Odun Unu İlaveli Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Yapılan mekanik testler sonrasında, ısıl işlem görmüş odun unu ilaveli kompozitlerde mekanik özelliklerde iyileşmeler meydana gelmiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttığında ise yine iyileşme olduğu gözlenmiştir. Saf PP'ye göre; %5, %20 ve %40 oranlarında UT içeren PP kompozitlerinde FMOE'nin daha yüksek olduğu görülmüştür. HT1 ve HT2 içeren PP kompozitlerine bakıldığında, bu kompozitlerin de FMOE değerlerinin yükseldiği saptanmıştır. Ayrıca gerek UT gerekse HT1 ve HT2 içeren PP kompozitlerin mesh oranları artarken daha yüksek FMOE verdikleri belirlenmiştir. FMOE değerlerine bakıldığında en yüksek FMOE değeri 3054.4 MPa ile HT2-10-40% kompozitlerinde olduğu saptanmıştır. FMOR değerlerine bakıldığında da FMOE değerlerindeki trenze benzer değişimler saptanmıştır. Genellikle mesh değerleri artarken kompozitlerin FMOR değerleri artmış ve en yüksek FMOR değeri yine HT2 içeren kompozitlerden HT2-10-20% kompozitinde 49.6 MPa olarak belirlenmiştir. TMOE ve TMOR değerlerine bakıldığında artışların daha düşük olduğu ve özellikle TMOR değerlerinin UT4-5%, UT6-5%, HT1-6-5% ve HT1-10-5% kompozitleri dışında diğer tüm kompozitlerde düştüğü saptanmıştır. TMOE değerlerine bakıldığında ise UT10-5% kompoziti dışında diğerlerinde yükseldiği saptanmıştır. Izod IS direnci üzerinde genellikle değerlerin benzer olduğu, buna karşın HT1 ve HT2 içeren kompozitlerde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek Izod IS, 2.5 kJ/m² ile HT2-

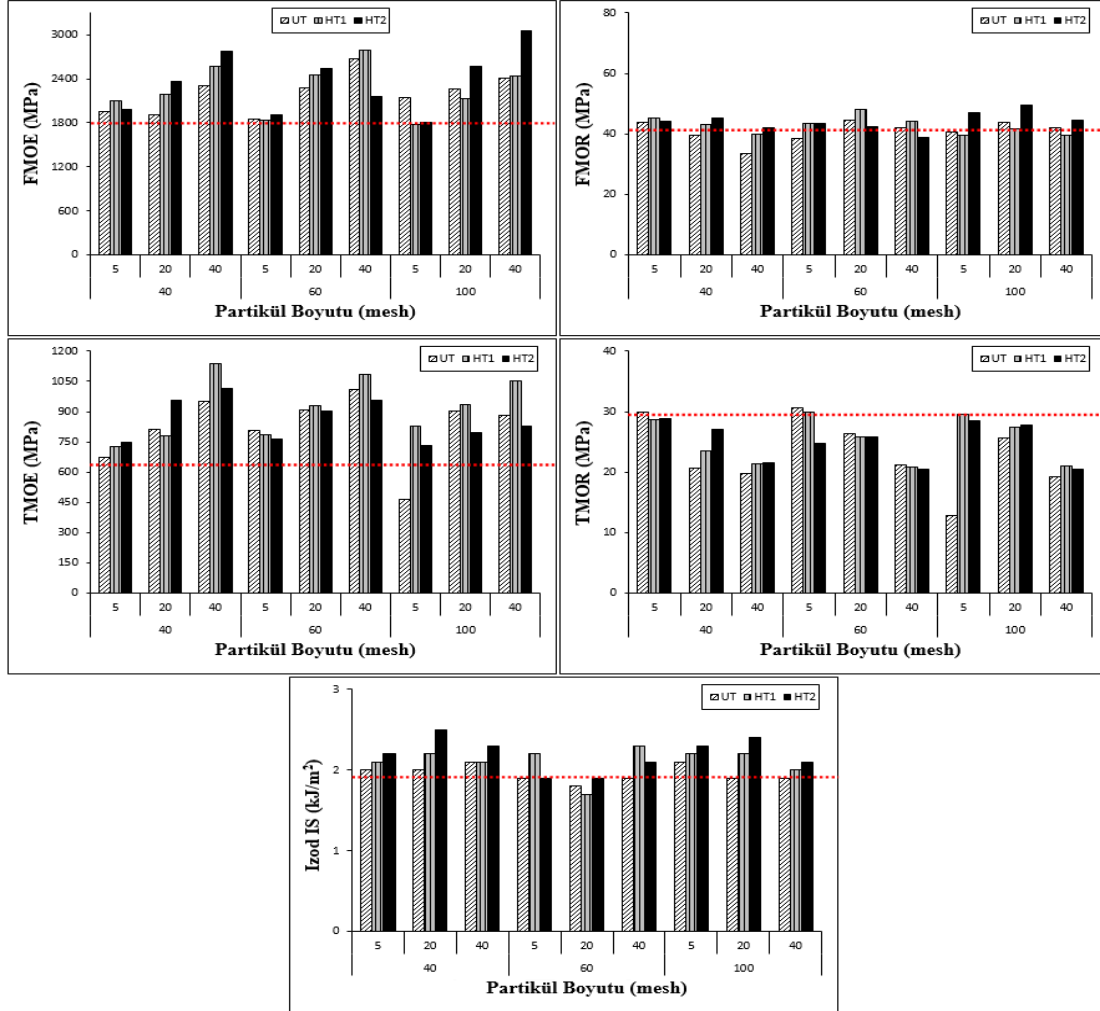
4-20% kompozitleri için elde edildiği belirlenmiştir. Tablo 4’ de UT, HT1 ve HT2 içeren PP kompozitlerinin mekaniksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 4: UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerin mekanik özellikleri.

	Yoğunluk (g/cm ³)	FMOE (MPa)	FMOR (MPa)	TMOE (MPa)	TMOR (MPa)	Izod IS (kJ/m ²)
Saf PP	0,98	1800,5	41,8	635,9	29,7	1,9
UT4-5%	0,88	1950,2	43,9	673,1	30,0	2,0
UT4-20%	0,86	1905,8	39,7	813,3	20,7	2,0
UT4-40%	0,97	2313,6	33,6	952,6	19,7	2,1
UT6-5%	0,86	1857,8	38,5	808,2	30,7	1,9
UT6-20%	0,89	2270,1	44,5	908,8	26,3	1,8
UT6-40%	0,97	2674,3	42,2	1009,0	21,2	1,9
UT10-5%	0,84	2144,1	40,5	263,7	12,9	2,1
UT10-20%	0,95	2264,2	43,9	902,2	25,6	1,9
UT10-40%	0,99	2413,2	42,2	879,7	19,3	1,9
HT1-4-5%	0,90	2096,2	45,4	724,9	28,7	2,1
HT1-4-20%	0,94	2190,0	43,2	781,0	23,5	2,2
HT1-4-40%	0,97	2565,1	40,0	1139,1	21,3	2,1
HT1-6-5%	0,80	1831,0	43,4	784,8	29,9	2,2
HT1-6-20%	0,94	2455,0	48,2	929,8	25,8	1,7
HT1-6-40%	0,89	2785,1	44,2	1084,2	20,9	2,3
HT1-10-5%	0,89	1777,6	39,5	827,1	29,6	2,2
HT1-10-20%	0,91	2131,3	41,7	933,4	27,4	2,2
HT1-10-40%	0,99	2441,6	39,7	1053,5	21,1	2,0
HT2-4-5%	0,88	1977,5	44,3	746,1	28,8	2,2
HT2-4-20%	0,89	2368,5	45,1	956,7	27,0	2,5
HT2-4-40%	1,01	2777,2	42,1	1013,0	21,6	2,3
HT2-6-5%	0,83	1913,1	43,6	762,2	24,8	1,9
HT2-6-20%	0,95	2544,8	42,3	902,3	25,9	1,9
HT2-6-40%	0,96	2167,0	39,0	955,1	20,5	2,1
HT2-10-5%	0,79	1811,5	46,9	729,3	28,5	2,3
HT2-10-20%	0,90	2565,9	49,6	797,8	27,8	2,4
HT2-10-40%	1,01	3054,4	44,4	830,5	20,5	2,1

Yapılan bir çalışmada Sarıçam ve Akçaağaç odunları kullanılmıştır. Bu ağaç malzemeler 210°C sıcaklıkta muamele edilmiş ve naylon 6 ile karıştırılarak kompozitlerin mekanik özellikleri araştırılmıştır. Gerek kontrol gerekse ısıl işlemlerle odunla hazırlanan naylon 6 kompozitlerin de mekanik iyileşme gözlenmiştir. Isıl işlemlerle odun içeren kompozitlerde büyük iyileşmeler saptanmıştır. Ayrıca yüksek ısıl işlemlerle odun içeren kompozitler ise önemli oranda iyileşmeler saptanmıştır. Şok direncine bakıldığında ise genelde bu direncin düştüğü saptanmıştır (Aydemir vd., 2015). Artan odun unu miktarı yüzeysel bölgelerde çatlamalara sebep olabilmektedir ve bu odun ununun ilavesiyle polimer rijitliğini artırır ve

şok direncinin düşmesine sebep olabilmektedir (Zaini, 1996). Şekil 10' da ısıl işlemlili odun ilaveli PP kompozitlerinin, katkı oranı ve mesh kalınlıklarına göre mekaniksel özelliklerdeki değişimler verilmiştir.

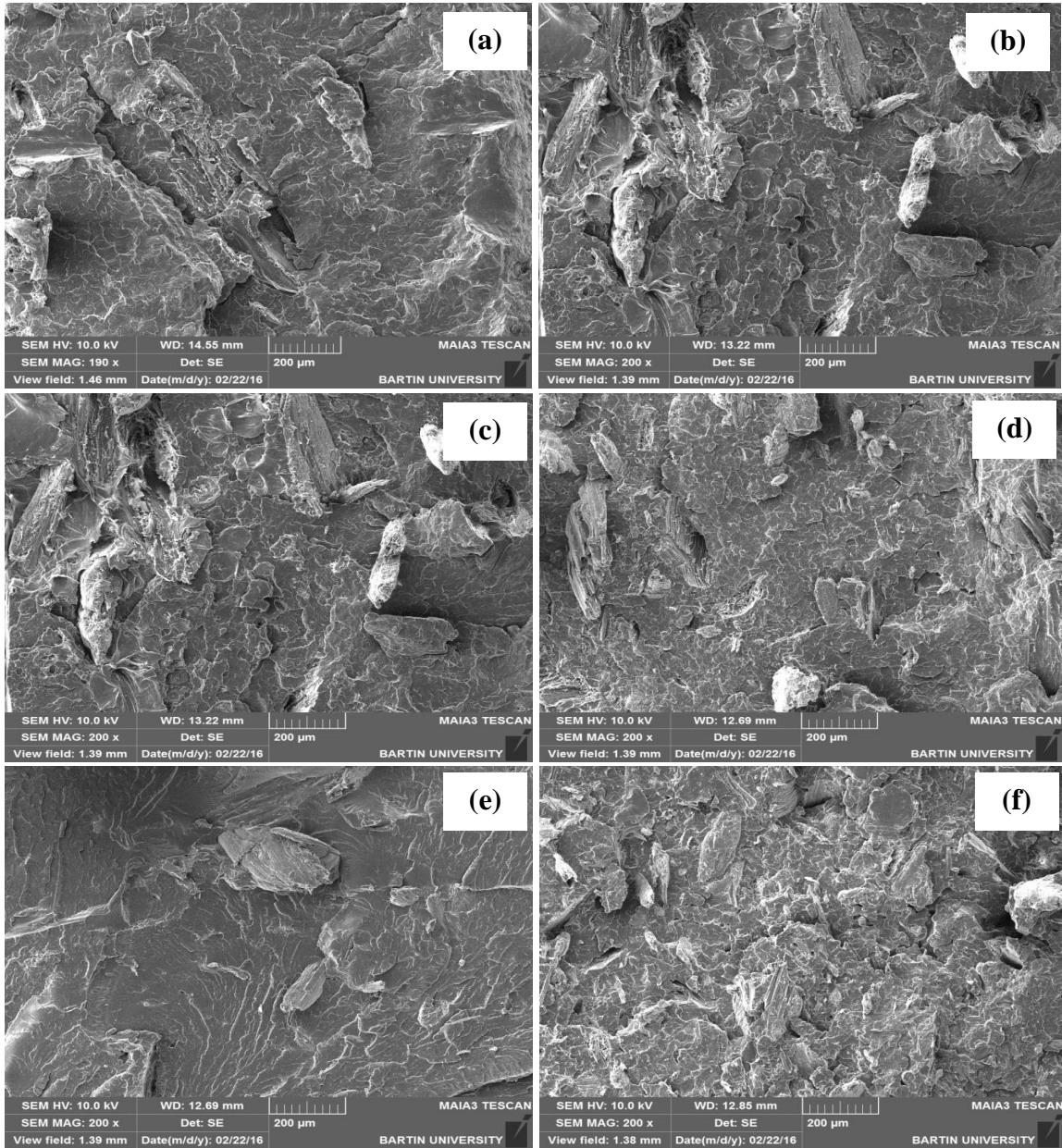


Şekil 10: Mesh kalınlıkları ve katkı oranlarına göre PP kompozitlerin özelliklerindeki değişimler.

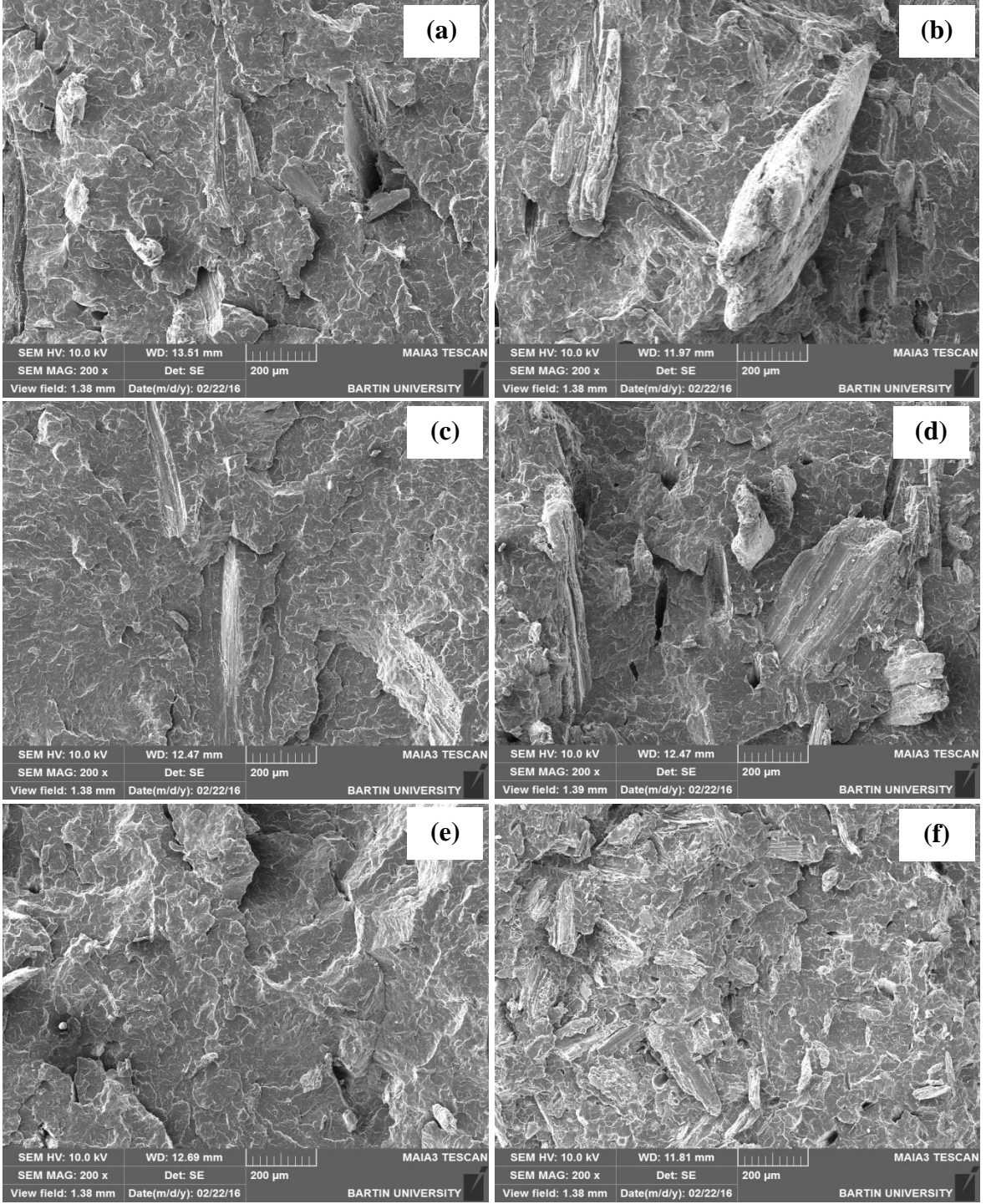
Şekil 11 incelendiğinde, ısıl işlemlili PP kompozitlerin elastikiyet modülleri yüksek değerler elde edilirken, direnç değerlerinde ise düşük değerler elde edilmiştir. FMOE de en yüksek değer HT2 için elde edilirken, çekmede elastikiyet modülünde en yüksek direnç değerleri ise HT1 için elde edilmiştir. Eğilme direncinde HT1 ve HT2 odun unları PP kompozitlerin eğilme dirençlerini genelde iyileştirirken, çekme direncinde ise tam tersine genellikle direnç değerlerini düşürmüştür. İzod IS bakıldığında ise genellikle HT1 ve HT2 içeren PP kompozitlerin şok direnci değerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş odun kullanımı odun polimer kompozitlerinde çeşitli iyileşmeler sağlamaktadır. Fakat yüksek

katkı oranlarında iyileşme oranları önemli şekilde iyileşme etkisine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ısıl işlem görmüş ve kontrol odun unlarında yapılan XRD çalışmalarına ısıl işlem görmüş odunun kristalinite oranlarında yükselmeler saptanmıştır ve bu durumda mekanik özellikler üzerine iyileşmelerin açıklayıcısı olduğu sonucuna varılmıştır (Aydemir vd., 2015).

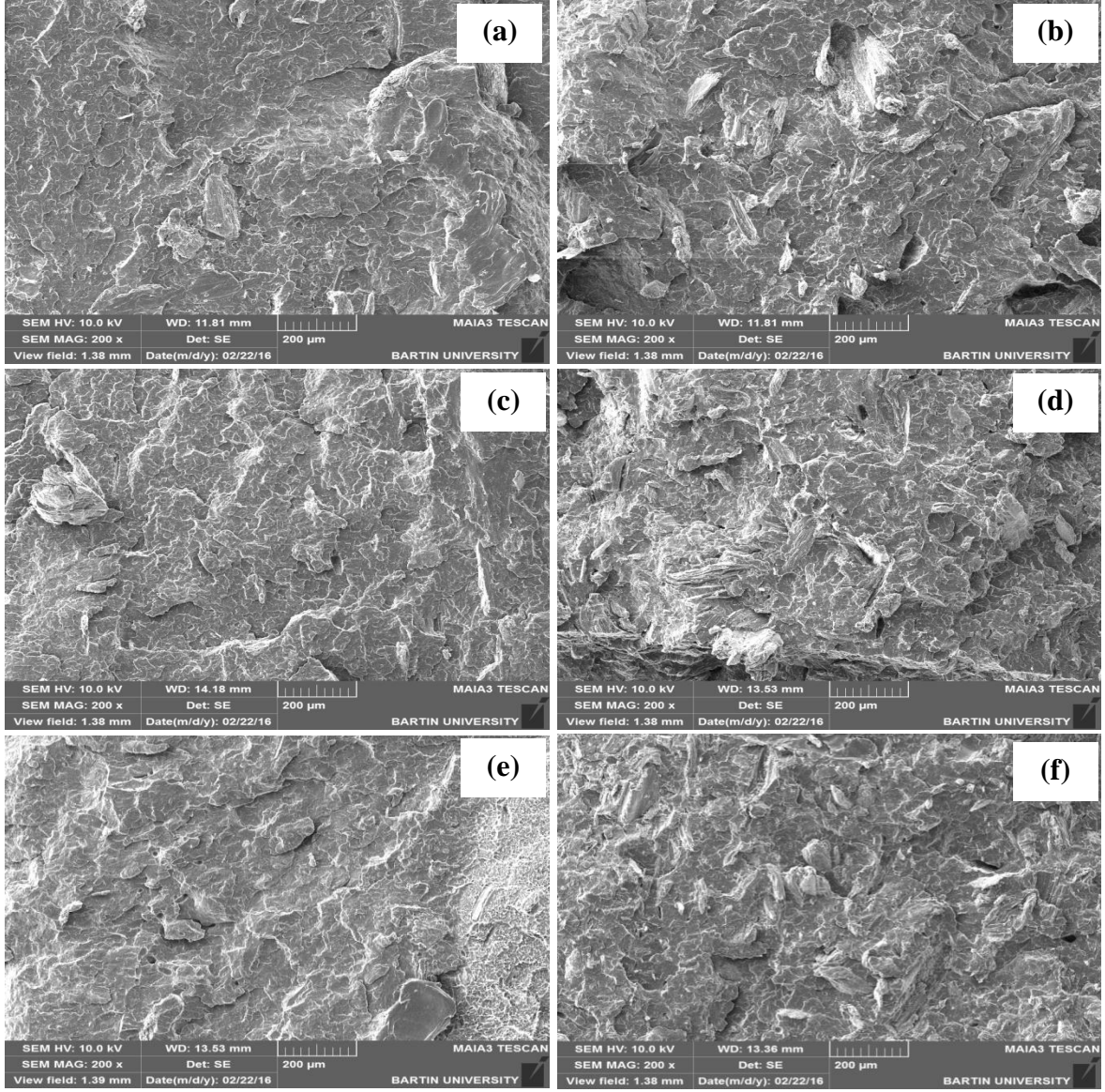
4.2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)



Şekil 11: UT içeren Polipropilen kompozitlerinin SEM görüntüleri (a: 5UT4, b: 20UT4, c: 5UT6, d: 20UT6, e: 5UT10 ve f: 20UT10).



Şekil 12: HT1 içeren Polipropilen kompozitlerinin SEM görüntüleri (a: 5HT1-4, b: 20HT1-4, c: 5HT1-6, d: 20HT1-6, e: 5HT1-10 ve f: 20HT1-10).

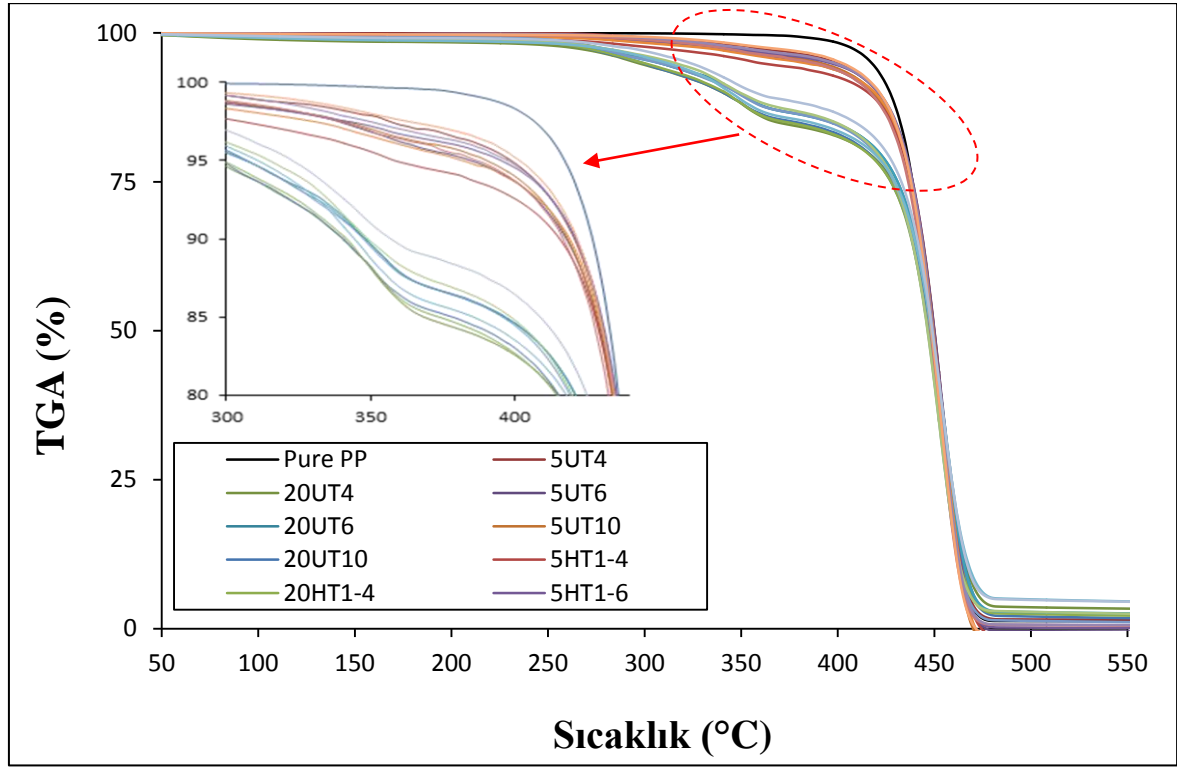


Şekil 13: HT2 içeren Polipropilen kompozitlerinin SEM görüntüleri (a: 5HT2-4, b: 20HT2-4, c: 5HT2-6, d: 20HT2-6, e: 5HT2-10 ve f: 20HT2-10).

SEM resimleri incelendiğinde, genellikle gerek kontrol odunu için gerekse ısıl işlemler için PP matris içerisinde güzel bir dağılım sağlandığı söylenebilir. Ayrıca partikül mesh kalınlıkları 40'da 100'e doğru ilerlerken dağılımın homojenliğinin arttığı da gözlenmiştir. Bu durumda yüksek mesh değerlerinde daha yüksek direnç değerleri alındığı düşünüldüğünde SEM görüntüleri ve mekanik özellikler arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca matris içerisinde dağılım gösteren partiküller matris ile iyi bir yüzeyler arası temas sağladığı için küçük hava boşlukları dışında büyük boşluklar gözlenmemiştir. Gözlenen küçük boşluklarında mesh boyutu artarken düştüğü hatta gözlenmediği de belirlenmiştir.

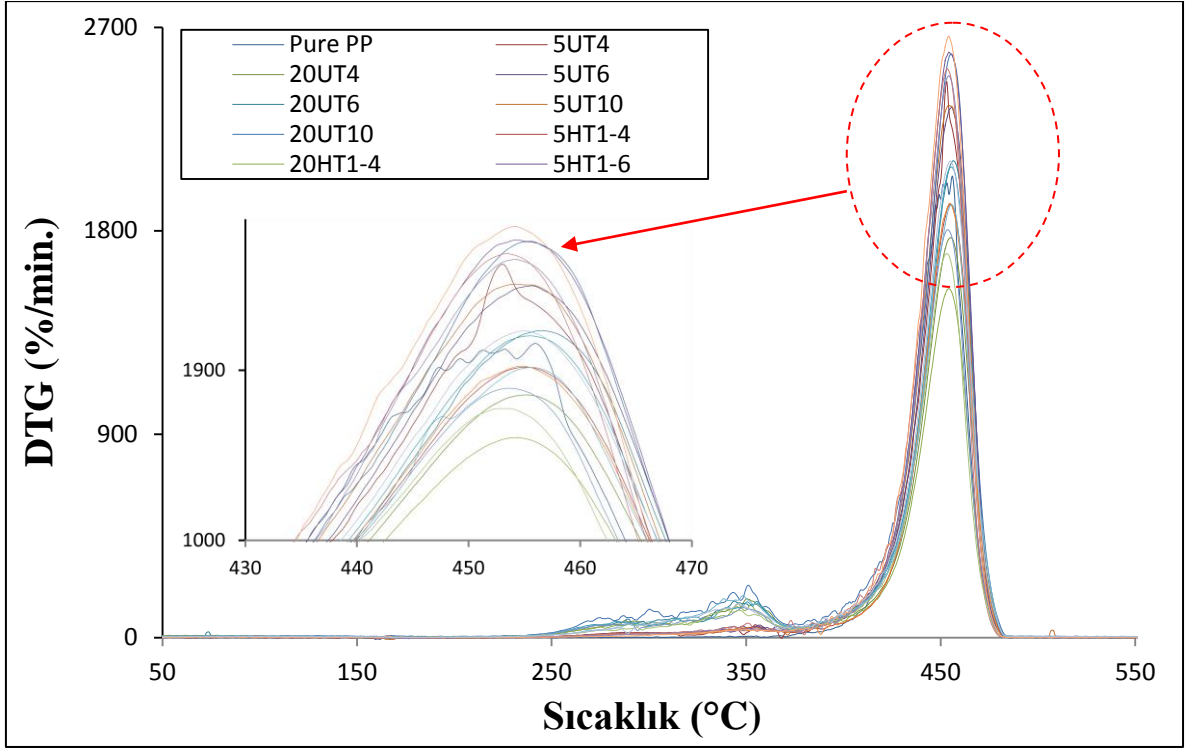
4.3 Termogravimetrik Analiz (TGA)

UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerin termal özelliklerindeki değişimleri Şekil 14, 15, 16 ve Tablo 4' de verilmiştir.



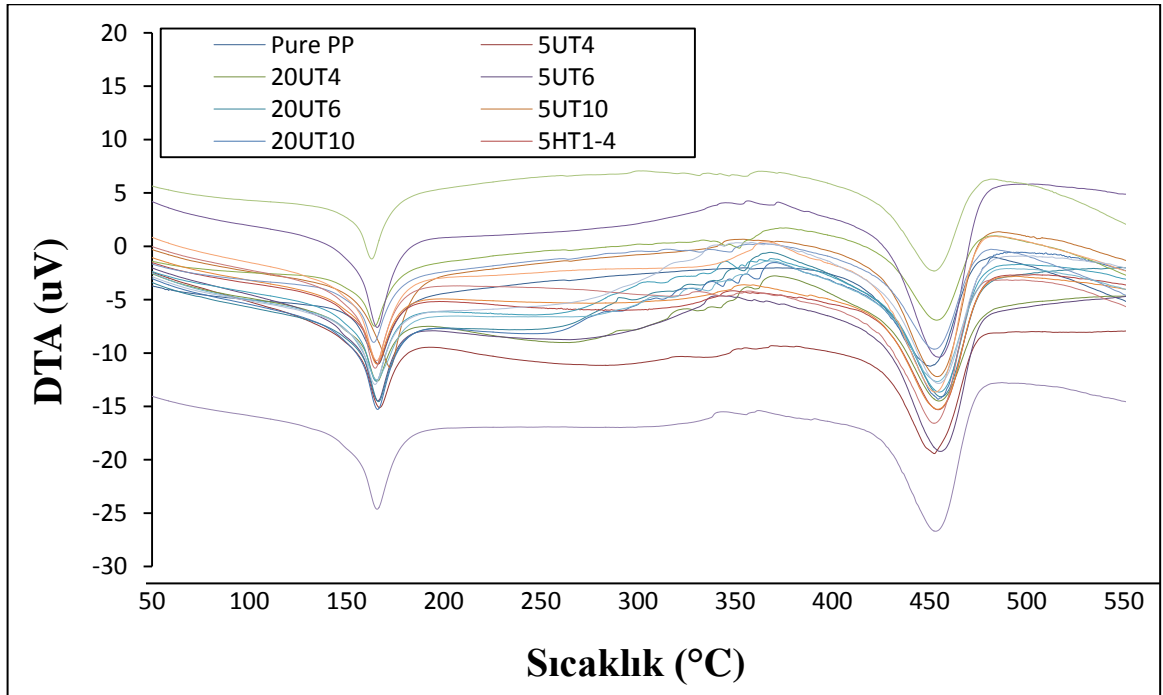
Şekil 14: Hazırlanan kompozitlere ait TGA eğrileri.

Şekil 14'de gerek UT gerekse HT1/HT2 ilavesi saf PP kompozitlerin termal özelliklerini iyileştirememiştir. TGA grafiğinin ilk kısmında meydana gelen kütle kaybı ise kompozitlerin rutubet kaybetmesiyle ortaya çıktığı söylenebilir. Kompozitlerin Tonset sıcaklıkları ve kütle kaybı değerleri saf PP kompozitlerinin gerisinde kaldığı görülmektedir. HT1 ve HT2 ilaveli kompozitlerin eğrileri ve Tonset sıcaklıkları ise UT ilaveli PP kompozitlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca HT2 ilaveli kompozitler incelendiğinde HT1'e göre daha yüksek sıcaklık değerleri gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 15: Kompozitlerin DTG değerleri.

Şekil 15'e bakıldığında ise kompozitlerin DTG değerlerinin farklılık gösterdiği gözle çarpmaktadır. Yine TGA grafiğinde olduğu gibi HT1 ve HT2 değerleri genellikle UT ilaveli kompozitlere göre daha yüksek sıcaklıklar gösterdiği görülmektedir.



Şekil 16: Kompozitlerin DTA değerleri.

Bu grafikte ilk küçük pik değerleri kompozitlerin erime noktasını gösterirken ikinci pik değerleri ise kompozitlerin bozunma sıcaklıklarını göstermektedir. Kompozitlerin DSC piklerinin alınabildiği DTA grafiği incelendiğinde ilk pik tepesi erime noktası (T_m) ve ikinci pik tepesi ise bozunma sıcaklıkları olarak söylenebilir. Sonuç olarak tüm TGA/DTG ve DTA eğrileri detaylı incelenerek hazırlanan kompozitlerin termal özellikleri bir tablo haline getirilmiş ve Tablo 5’de özet veriler sunulmuştur.

Tablo 5: TGA/DTG ve DTA eğrilerine ait özet veriler.

Formülasyonlar	TGA(°C)			DTG _{max} (°C)	Kütle Kaybı (%)	DTA (°C)	
	T _{10%}	T _{50%}	T _{85%}			T _m	T _d
Saf PP	427	448,4	460,6	456	98,70	165,6	452,3
UT4-5%	420,9	450,1	462,1	453	98,50	167,1	452
UT4-20%	340,4	448	463,4	455,2	96,78	165,9	454,8
UT6-5%	418	449,9	462,4	455,7	99,80	167,7	456
UT6-20%	343	449	463,3	456,7	97,75	167,4	456
UT10-5%	418,4	449	460,8	454,1	99,9	172,6	454,5
UT10-20%	340,7	477,8	462,4	455,2	98,41	166,2	454,5
HT1-4-5%	415,7	449,7	462,1	455	99,90	163,9	451,8
HT1-4-20%	341,8	446,9	461,4	454,2	97,96	164,3	454
HT1-6-5%	421,3	449,9	462	454,3	99,41	166,1	455,7
HT1-6-20%	348,4	448,5	463	455,5	97,58	165,1	454,3
HT1-10-5%	419,2	449,4	461,4	454,6	99,90	164,8	454,5
HT1-10-20%	347,6	446,6	460,3	453,6	99,02	165,5	454,6
HT2-4-5%	416,8	448,1	460	453,4	99,57	164,3	451,9
HT2-4-20%	349,2	446,5	460,5	453,4	97,71	163,3	451,8
HT2-6-5%	421,2	449,3	461	454	99,44	163,3	453,9
HT2-6-20%	344,5	448,4	464,3	455,7	95,65	165,7	453,8
HT2-10-5%	421,7	448,7	460,3	454,1	99,80	165,3	453
HT2-10-20%	357,2	449	464	455	95,67	164,5	455,2

Tablo 5 incelendiğinde, kompozitlerin T%10 değeri incelendiğinde saf PP’ nin değeri genellikle tüm kompozitlerin üstündedir. T%50 ve T%85 değerlerine bakıldığında ise kompozitlerin değerleri saf PP’ nin değerlerine yakın ya da daha üstte olduğu belirlenmiştir. Buradan da T%50 ve T%85 değerlerini hem kontrol odunları hemde ısıl işlem görmüş odunların iyileştirdiği söylenebilir. Birim zamandaki maksimum kütle (DTG) kayıplarına bakıldığında en yüksek sıcaklıklar saf PP için 456°C olarak saptanırken, UT6-20% için ise 456,7°C olarak belirlenmiştir. Kütle kaybı değerleri incelendiğinde ise en düşük kütle kaybı %95,67 ile HT2-10-20% kompozitlerinde

belirlenmiştir. DTA değerlerine bakıldığında ise Tm ve Td değerlerinin sırasıyla 164-172°C ve 451-456°C civarında değiştiği saptanmıştır.

4.4 Diferensiyal Tarama Spektroskopu (DSC)

Tablo 6’da DSC analizine ait Tc, Tm, erime (ΔH_m) ve soğuma (ΔH_c) entalpi değerleri ve kristalinite (Xc) değerleri verilmiştir.

Tablo 6: DSC analizine ait özet veriler.

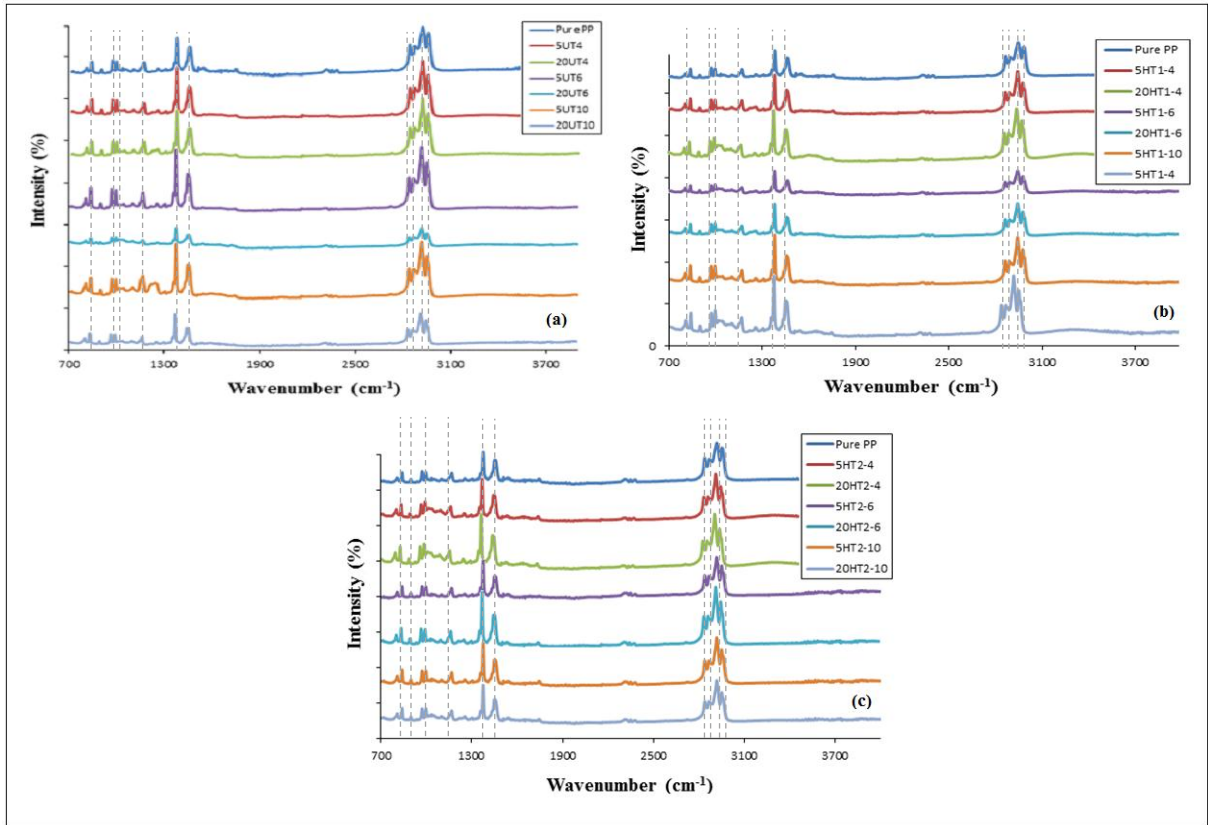
Formülasyonlar	Tc (°C)	ΔH_c (J/g)	Tm (°C)	ΔH_m (J/g)	Xc (%)
PP Saf	110,57	98,61	164,5	89,02	43,0
PP-UT4-5	118,32	71,56	163,28	65,22	31,5
PP-UT4-20	119,34	36,08	165	32,34	15,6
PP-UT6-5	119,21	69,57	164,56	60,56	29,3
PP-UT6-20	120,94	33,20	165,31	29,87	14,4
PP-UT10-5	120,02	53,09	164,37	44,99	21,7
PP-UT10-20	122,53	41,50	164,31	36,74	17,7
PP-HT1-4-5	119,19	57,83	163,82	49,43	23,9
PP-HT1-4-20	121,01	47,52	164,48	42,23	20,4
PP-HT1-6-5	119,82	79,63	164,02	76,92	37,2
PP-HT1-6-20	121,28	88,05	164,42	89,17	43,1
PP-HT1-10-5	119,42	92,03	164,53	92,45	44,7
PP-HT1-10-20	120,72	31,21	164,29	27,96	13,5
PP-HT2-4-5	119,91	69,10	164,81	67,32	32,5
PP-HT2-4-20	121,59	71,75	164,19	68,28	33,0
PP-HT2-6-5	119,24	62,65	164,42	62,65	30,3
PP-HT2-6-20	121,63	26,62	165	25,05	12,1
PP-HT2-10-5	119,23	90,77	163,41	90,22	43,6
PP-HT2-10-20	122,93	30,51	164,59	26,14	12,6

Tc azaldıkça malzeme geç sertleşir ve arttıkça da erken sertleşmektedir. Tm arttıkça geç erir ve azaldıkça da erken erimektedir. Bu nedenle Tc ve Tm değeri polimer kompozitleri için önem arz etmektedir. Tablo 6 incelendiğinde, saf PP için Tc değeri 110,57°C iken UT ilavesiyle Tc yükselmiş ve 122,53°C’ ye PP-UT10-20 kompozitlerinde ulaşmıştır. HT1 ve HT2 ilavesiyle Tc değerleri genellikle 119°C ile 123°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Tm değerleri incelendiğinde ise Tc kadar yüksek bir değişim olmayıp düşük oranlarda değişimler meydana gelmiştir. Bu kompozitler için Tm değerleri 163°C ile 165°C arasında

değiştii belirlenmiştir. Erime entalpisinin, %100 kristalin polimerin erime entalpisine bölünmesiyle elde edilen Kristalinite değerleri hesaplandığında genellikle gerek UT gerekse HT1 ya da HT2 ilavesi sonucunda kompozitlerin kristalinitelerinde düşüş meydana geldiği bulunmuştur. Saf PP kompozitlerin kristaliniteleri %43 iken odun ilavesi sonrası düşmüş özellikle HT2-10-20 kompozitlerinde %12,6'ya kadar düştüğü belirlenmiştir.

4.5 FTIR Analizi

Elde edilen kompozitlerin yapısal değişimini araştırmak için FTIR analizi gerçekleştirilmiştir. Saf PP ve UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerinin FTIR spektrumları Şekil 17' de verilmiştir.



Şekil 17: UT (a), HT1 (b) ve HT2 (c) ile hazırlanan PP kompozitlerin FTIR analiz sonuçları.

Saf PP ve UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerinin ana karakteristik pikleri Tablo 7' de verilmiştir. 300-2800 cm⁻¹ pikleri, PP zincirinin C-H uzamasını göstermektedir. 1457 ve 1376 cm⁻¹ pikleri ise PP'deki -CH₂ ve -CH₃ eğilme titreşiminin olduğunu göstermektedir. Ayrıca; 1167, 998 ve 973 cm⁻¹ pikleri ise PP'nin simetrik -CH₃ deformasyon titreşimi ve -

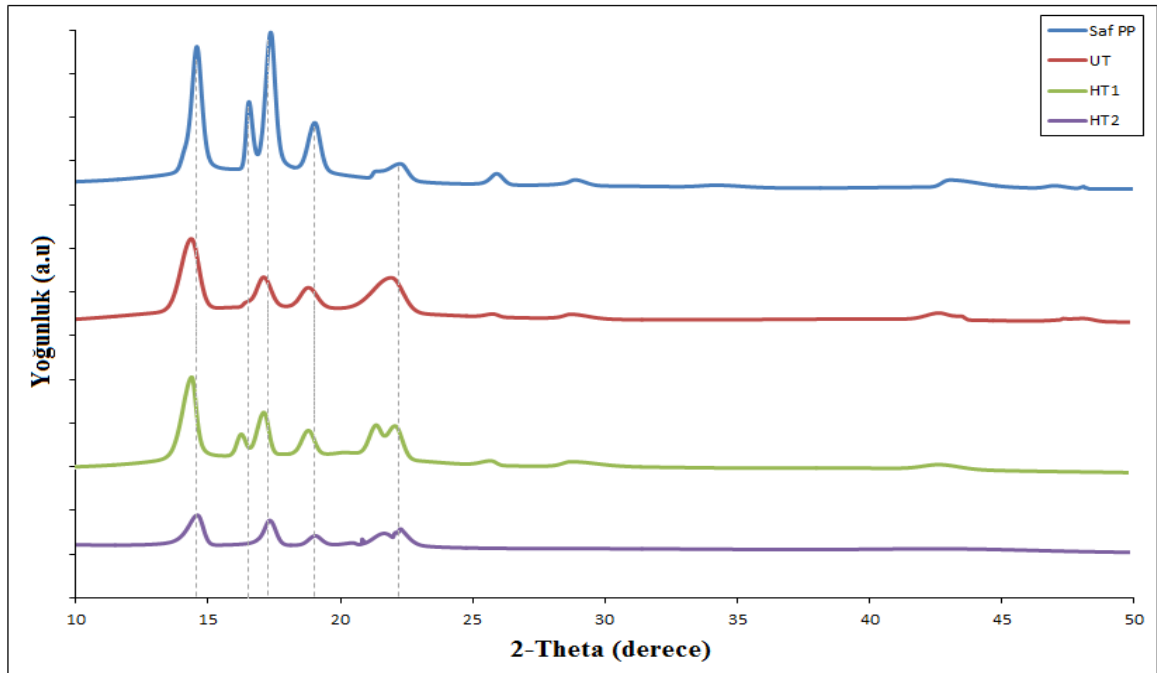
CH₃ PP'nin sallanım titreşiminin kaynaklandığı söylenebilir. UT, HT1 ve HT2 ilaveli kompozitlerdeki 3300 cm⁻¹ civarındaki küçük pik oluşumu, UT, HT1 ve HT2'deki -OH gruplarına yorulmaktadır. Ayrıca 1601 cm⁻¹ civarındaki absorpsiyon piki, hemiselülozun C=C uzamasını ve 1043 cm⁻¹ civarındaki pikler ise lignin ve selülozların ana karbonhidratlarından C-O-C ve C-O göstermektedir.

Tablo 7: Saf PP ve UT, HT1 ve HT2 ilaveli PP kompozitlerinin fonksiyonel grupları.

Dalga Boyu (cm ⁻¹)	Fonksiyonel gruplar
3300	Selülozun hidroksil grupları (-OH)
2950, 2918, 2868, 2839	PP'nin C-H uzama titreşimi
1601	Hemiselülozdan C=C uzaması
1457	PP'nin -CH ₂ eğilme titreşimi
1376	PP'nin -CH ₃ eğilme titreşimi
1167	PP'nin simetrik -CH ₃ deformasyon titreşimi
1043	Selüloz ve ligninin C-O-C ve C-O grupları
998, 973	PP'nin -CH ₃ sallanma titreşimi

4.6 X-ışını kırınım analizi (XRD) ve Partikül Kristallik İndeksinin Belirlenmesi

Elde edilen kompozitlerin yapısal değişimini ve kristal yapısını araştırmak için XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 18' de verilmiştir.



Şekil 18: Saf PP, UT, HT1 ve HT2 ilaveli kompozitlerin XRD analizi.

Şekil 18'e göre sap PP ve PP kompozitleri benzer noktalarda pik tepeleri verdiği gözlenmiştir. Fakat kompozitlerin yoğunlukları saf PP' ye göre daha düşük olarak saptanmıştır. Yapısal olarak benzer olduğu belirlenen kompozitlerin kristalin oranları hesaplanmış ve Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 8: XRD sonuçlarına göre PP ve PP kompozitlerinin kristalinite hesapları.

Formülasyonlar	CI (%)
UT Odun	45,4
HT1-Odun	49,6
HT-2-Odun	47,1
Saf PP	30,1
PP-%20UT	18,3
PP-%20HT1	19,1
PP-%20HT2	18,9

4.7 Yaşlandırma Deneyi

Yaşlandırma testi, laboratuvarımızda bulunan Hızlı Yaşlandırıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar renk değişimiyle araştırılmıştır. Yaşlandırma testi sonrası elde edilen örneklerin test öncesi ve sonrası görüntüleri ve renk değişimi Şekil 19 ve Tablo 9' da verilmiştir.



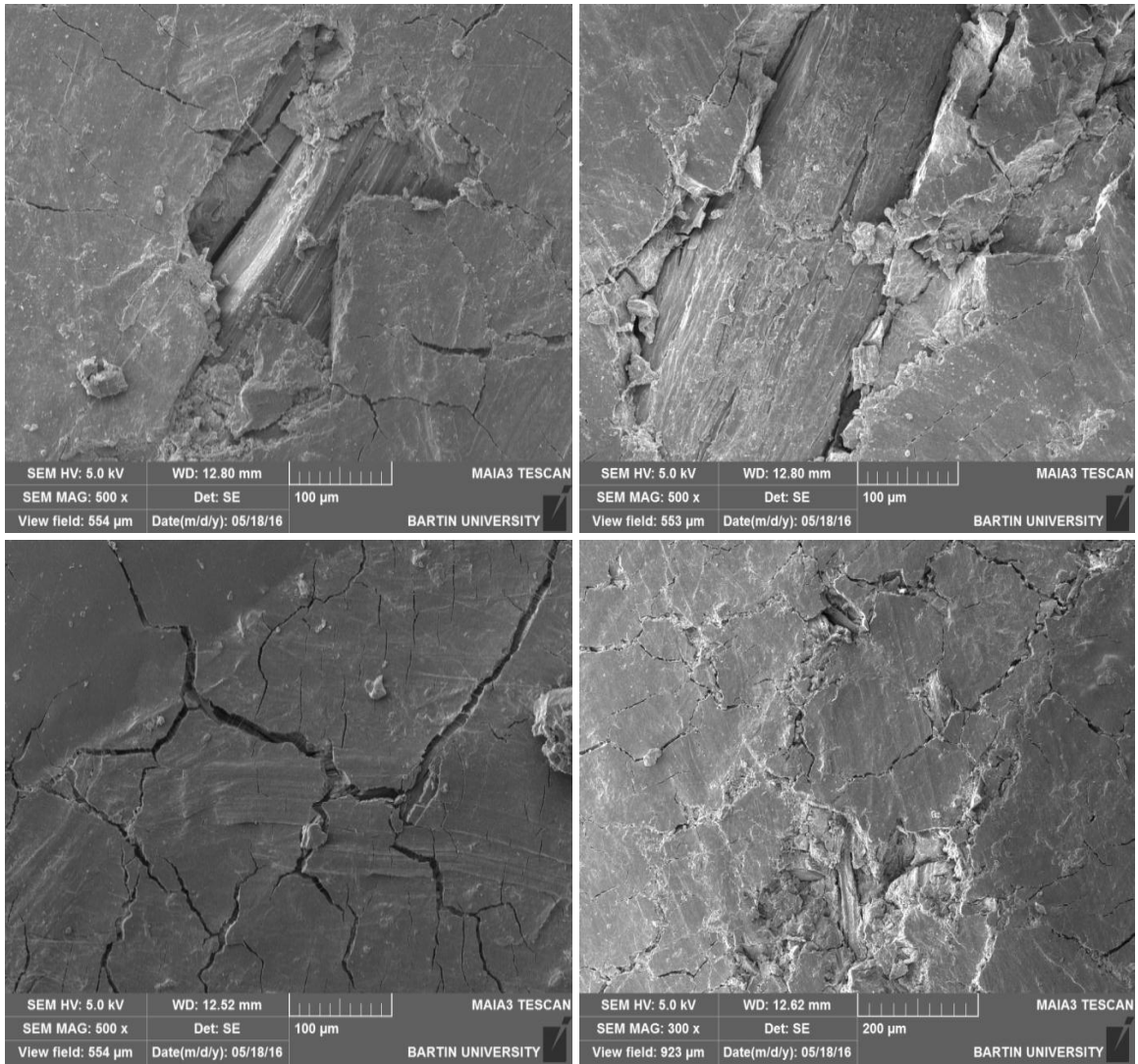
Şekil 19: Yaşlandırma sonrası örneklerin görünümü.

Tablo 9: Yaşlandırma testi sonrası renk değişimleri (L, a, b) sonuçları.

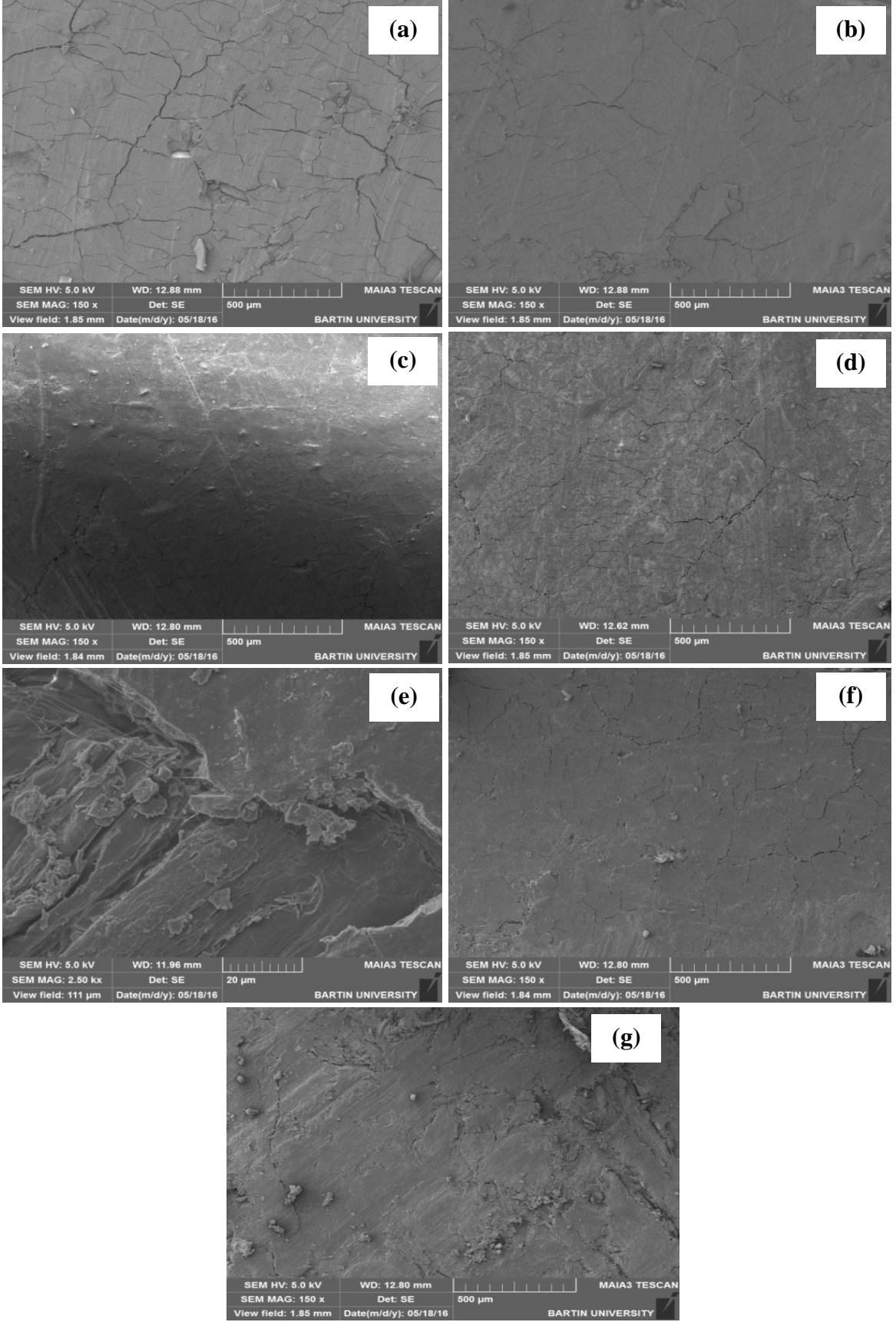
	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Saf PP	3,3 ($\pm 0,5$)	1,3 ($\pm 0,2$)	2,3 ($\pm 0,5$)	4,2 ($\pm 0,4$)
UT4-5%	8,2($\pm 1,3$)	1,7($\pm 0,2$)	0,5($\pm 0,0$)	8,4($\pm 1,2$)
UT4-20%	15,8($\pm 2,3$)	-3,3($\pm 0,4$)	-5,0($\pm 0,9$)	16,9($\pm 2,3$)
UT6-5%	10,8($\pm 1,5$)	2,0($\pm 0,3$)	1,3($\pm 0,3$)	11,1($\pm 1,5$)
UT6-20%	19,1($\pm 0,2$)	-3,9($\pm 0,5$)	-5,1($\pm 0,4$)	20,2($\pm 0,2$)
UT10-5%	6,4($\pm 2,0$)	-1,8($\pm 0,1$)	-5,1($\pm 0,9$)	8,5($\pm 1,3$)
UT10-20%	33,2($\pm 0,9$)	-7,1($\pm 0,3$)	-5,5($\pm 0,6$)	34,4($\pm 0,9$)
HT1-4-5%	5,8($\pm 0,8$)	0,4($\pm 0,1$)	-4,9($\pm 1,0$)	7,6($\pm 1,2$)
HT1-4-20%	23,3($\pm 0,7$)	-4,0($\pm 0,3$)	-5,0($\pm 0,9$)	24,2($\pm 0,8$)
HT1-6-5%	4,8($\pm 0,8$)	1,4($\pm 0,2$)	1,3($\pm 0,2$)	5,2($\pm 0,7$)
HT1-6-20%	21,9($\pm 3,8$)	-3,2($\pm 0,6$)	-1,3($\pm 0,1$)	22,2($\pm 3,8$)
HT1-10-5%	2,6($\pm 0,4$)	1,2($\pm 0,2$)	-5,0($\pm 0,7$)	5,8($\pm 0,5$)
HT1-10-20%	7,3($\pm 1,2$)	-2,8($\pm 0,6$)	-5,7($\pm 1,0$)	9,7($\pm 1,4$)
HT2-4-5%	14,2($\pm 1,0$)	0,2($\pm 0,0$)	0,9($\pm 0,0$)	14,2($\pm 1,0$)
HT2-4-20%	32,1($\pm 5,8$)	-0,4($\pm 0,1$)	2,7($\pm 0,3$)	32,2($\pm 5,8$)
HT2-6-5%	13,5($\pm 1,6$)	0,4($\pm 0,1$)	1,9($\pm 0,3$)	13,6($\pm 1,6$)
HT2-6-20%	34,4($\pm 0,9$)	0,2($\pm 0,0$)	2,1($\pm 0,4$)	34,4($\pm 0,9$)
HT2-10-5%	13,9($\pm 0,6$)	-1,6($\pm 0,3$)	1,4($\pm 0,3$)	14,0($\pm 0,6$)
HT2-10-20%	39,3($\pm 1,9$)	0,4($\pm 0,1$)	2,2($\pm 0,2$)	39,4($\pm 1,9$)

L değeri 100'e yakın iken örnek renkleri beyaz ve L değeri 0 yakın iken örnek renkleri siyaha yakındır. ΔL değerleri incelendiğinde değerler genelde 0'a yakın veya 40'ın altındadır. Bu nedenle örnekler gri-siyah arasında olduğu görülmektedir. Δa değeri ise + iken kırmızı, - iken yeşildir. Örneklere ait sonuçlara bakıldığında genellikle değerler ya +a yakın ya da -a değerlerdedir. Bu durumda örneklerin yeşil renk tonlarının baskın olduğu söylenebilir. Δb değerleri ise + iken sarı, - iken mavi rengi göstermektedir. Bu durumda

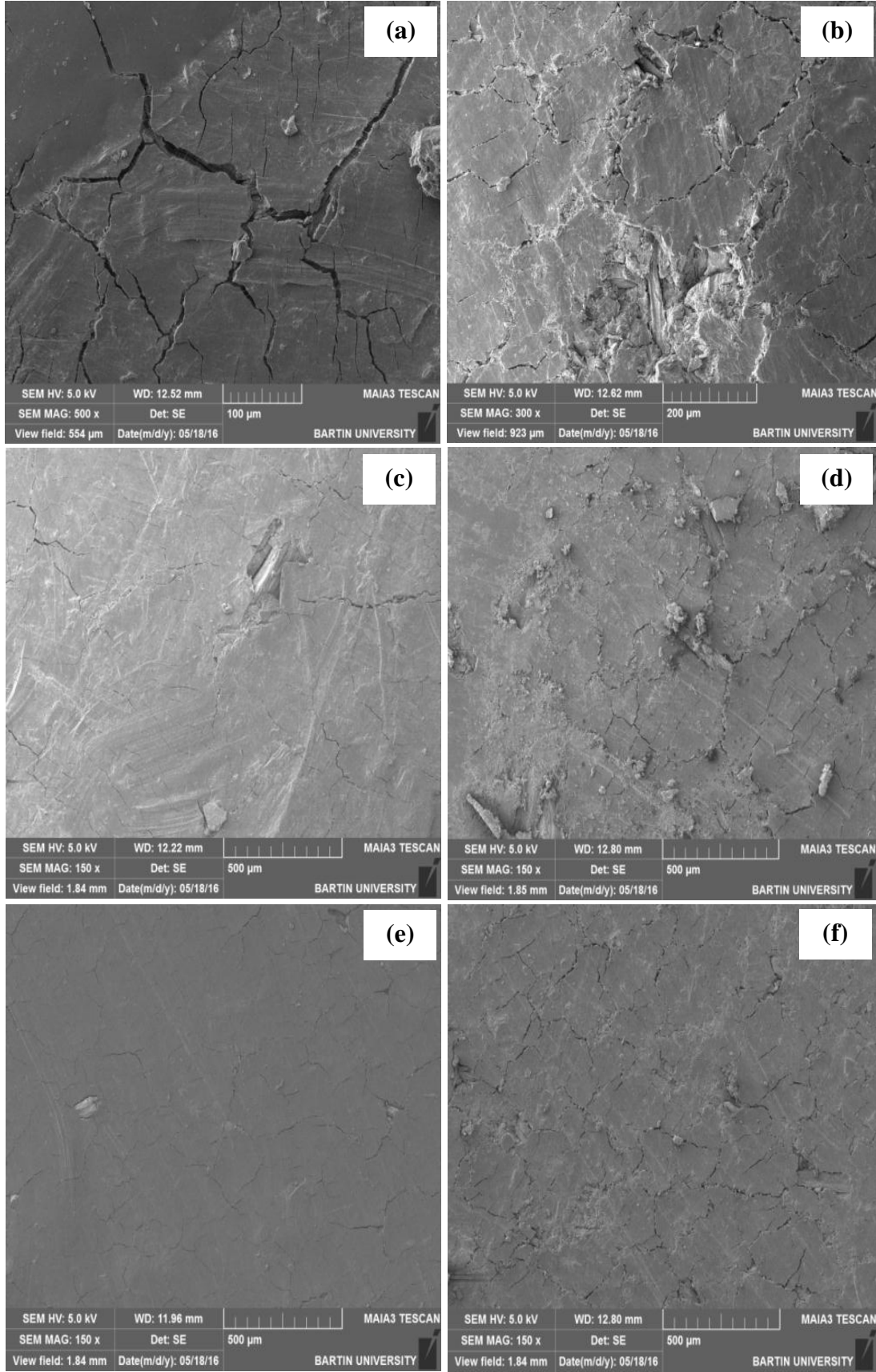
örnek değerlerine bakıldığında örneklerin bir kısmı mavimsi bir kısmı sarımsı olduğu söylenebilir. Toplam renk değişimine bakıldığında ise tüm örnekler için renk değişimleri meydana geldiği saptanmıştır. Yaşlandırma deneyi sonrası örneklerde genellikle gerek UT, gerekse HT1 ve HT2 ilaveli kompozitlerin yüzey analizinde mikro çatlaklar belirlenmiştir. Özellikle yüksek oranda odun unu kullanılan kompozitlerde yüzeyde beyazlama ve grileşme gibi renk değişimleri (Şekil 19) göze çarpmaktadır. Ayrıca SEM ile yapılan (Şekil 21) yüzey analizinde yüzeylerde büyük mikro çatlaklar ve bazı odun partiküllerin yüzeye çıkışının olduğu belirlenmiştir. Örnekleri yüzeyinde elde edilen ekstrem bazı bozulmalar Şekil 20’de ve örneklerin tümüne ait SEM görüntüleri ise Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23’ de verilmiştir.



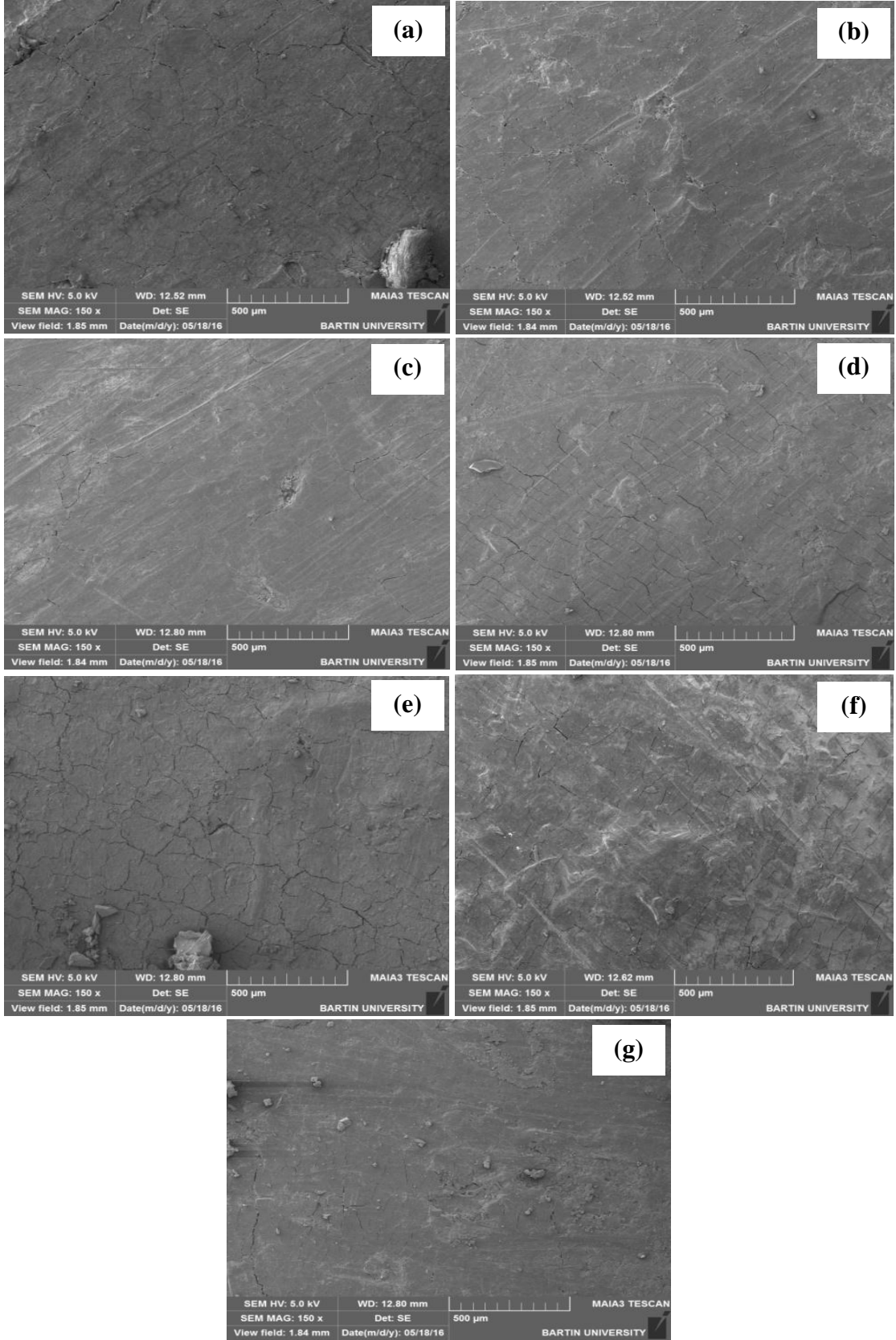
Şekil 20: Yaşlandırma sonrası yüzeydeki bazı ekstrem örnekler.



Şekil 21: UT içeren Polipropilen kompozitlerinin yaşlandırma sonrası SEM görüntüleri (a: 5UT4, b: 20UT4, c: 5UT6, d: 20UT6, e: 40UT6, f: 5UT10 ve g: 20UT10).



Şekil 22: HT1 içeren Polipropilen kompozitlerinin yaşlandırma sonrası SEM görüntüleri (a: 5HT1-4, b: 20HT1-4, c: 5HT1-6, d: 20HT1-6, e: 5HT1-10 ve f: 20HT1-10).

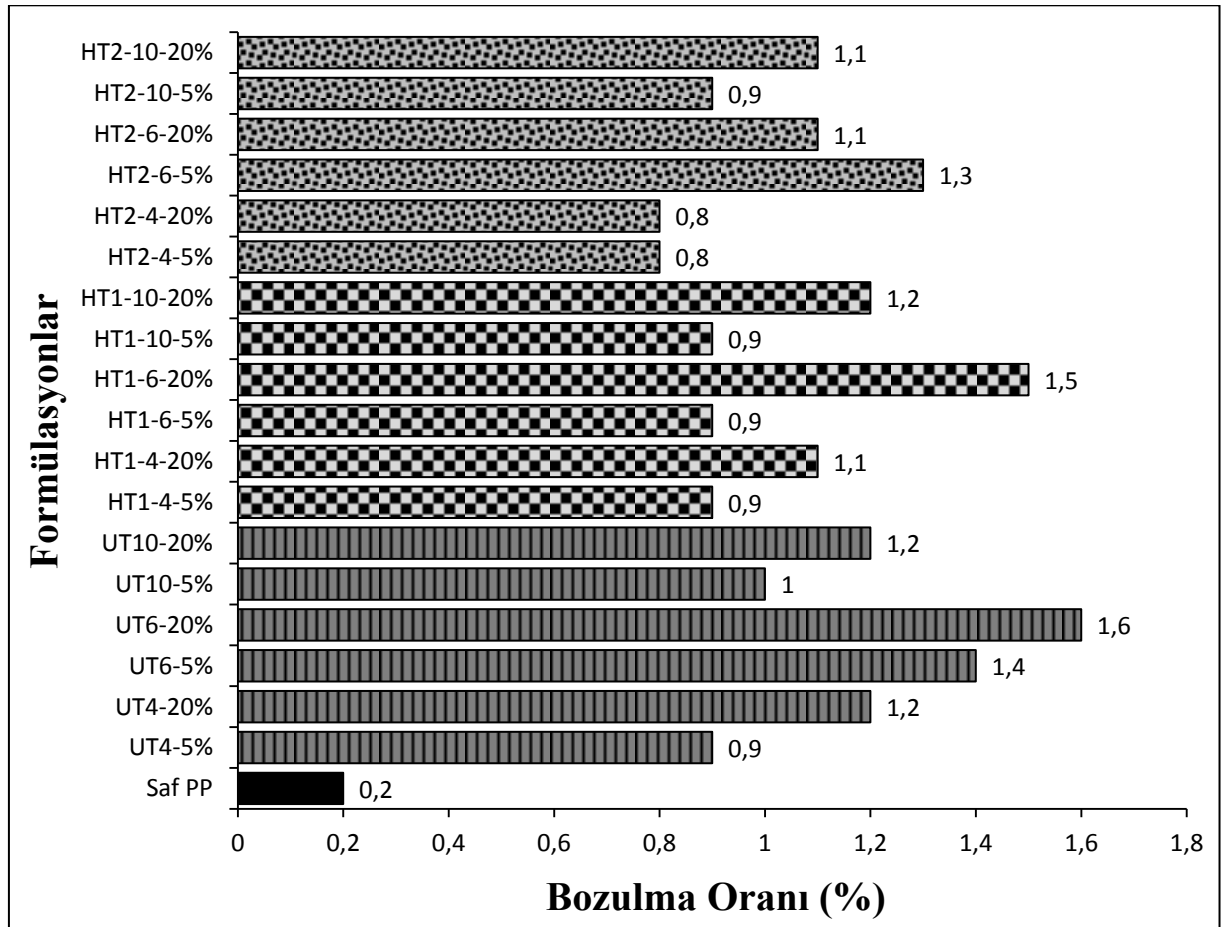


Şekil 23: HT2 içeren Polipropilen kompozitlerinin yaşlandırma sonrası SEM görüntüleri (a: 5HT2-4, b: 20HT2-4, c: 5HT2-6, d: 20HT2-6, e: 40HT2-6, f: 5HT2-10 ve g: 20HT2-10).

Şekil 26'ya bakıldığında, Yaşlandırma deneyi sonrası UT ilaveli örneklerde yüzeyde aşınmalar, çatlaklar, yüzeyde beyazlama ve grileşme gibi renk değişimleri gözlenmiştir. Şekil 27'ye bakıldığında, yaşlandırma deneyi sonrası HT1 ilaveli örneklerde kompozitlerin yüzey analizinde mikro çatlaklar, aşınmalar gözlenmiş ve bazı odun partiküllerinin yüzeye çıkışının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yüzeyde de beyazlama gibi renk değişimlerine rastlanmıştır. Şekil 28' de Yaşlandırma deneyi sonrası HT2 ilaveli örneklerde aşınma ve çatlaklara rastlanmıştır. Yüzeyinde beyazlama ve grileşme gibi renk değişimleri de göze çarpmaktadır.

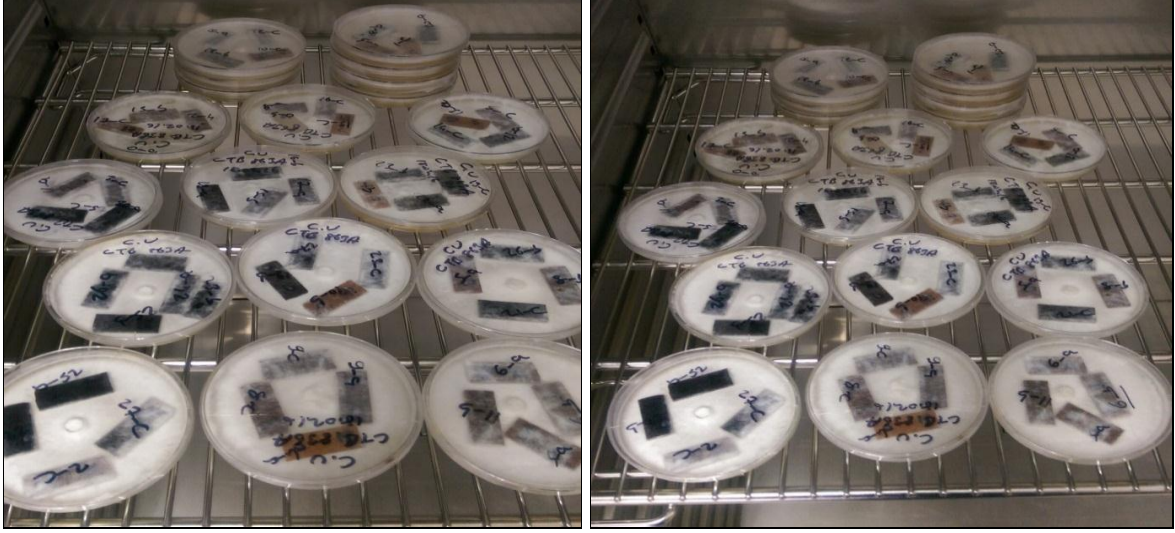
4.8 Mantar Testi

Elde edilen kompozitlerin mantar dirençlerini belirlemek için 3 ay agar ortamında (Şekil 25) en çok zarar yapan mantarlara tabi tutularak dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 24' de verilmiştir.



Şekil 24: Mantar testi sonucunda meydana gelen kütle kaybı.

Mantar testinde kontrol UT örneklerinde UT6-20%, HT1 ve HT2 de ise; HT1-6-20% ve HT2-6-5% örneklerinde mantar arızının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan mantar testinde UT, HT1 ve HT2 arasında en fazla mantar arızısı UT6-20% de görülmüştür. En az mantar arızısı olan örnekler ise HT2-4-20% ve HT2-4-5% de rastlanmıştır.



Şekil 25: Agar ortamındaki kompozitlerin görünüşleri.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ticari kullanımı olan odun polimer kompozitlerinin normal odun materyal yerine yüksek sıcaklıkta modifiye edilmiş odun ile üretilmesi sonucunda özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Bu çalışmada kayın (*Fagus orientalis* L.) odunu 180°C (HT1) ve 220°C (HT2) sıcaklıklarda 8 saat muamele edilmiştir. Kontrol, HT1 ve HT2 odunları 40, 60 ve 100 mesh olarak hazırlanmış ve mesh farklarının kompozitlerin özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Hazırlanan partiküller %5, %20 ve %40 olacak şekilde saf PP'e eklenerek çift vidalı ekstruder ile karıştırılmış ve yongalamayı takiben presle kalıplanarak test örnekleri hazırlanmıştır. Kompozitlerin, mekanik, morfolojik, termal, yapısal ve hızlı yaşlandırma ve mantar testi ile dış ortam performansları tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında sonuçlar ve öneriler maddeler halinde verilmiştir. Bunlar;

- Kompozitlerin mekaniksel özellikleri incelendiğinde gerek kontrol odunları gerekse HT1 ve HT2 içeren kompozitlerin mekaniksel özelliklerinin saf PP'ye göre yükseldiği belirlenmiştir. FMOE ve TMOE değerleri genellikle tüm formülasyonlar için yüksek iken, FMOR ve TMOR değerlerinde bazı değerlerin saf PP'ye göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Çentikli şok direnci değerleri ise genellikle saf PP'den daha iyi sonuçlar verdiği saptanmıştır. Sonuç olarak ısıtılmış odun kontrol odununa göre daha iyi bir performans sergilemiş ve normal odun yerine kullanılabilmesinin mümkün olduğu söylenebilir.
- Kompozitlerin SEM ile morfolojik karakterizasyonu sonucunda gerek kontrol gerekse ısıtılmış odunların matris içerisinde dağılımlarının iyi olduğu saptanmıştır. Yapılan incelemelerde yapı içerisinde çok fazla birleşme, boşluk yapan ayrılma saptanmamıştır. Özellikle ısıtılmış odunların dağıldıkları ve matris içerisinde daha iyi tutunma sağladıkları saptanmıştır. Ayrıca artan mesh oranları sonucunda partikül dağılımlarının daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre ise ısıtılmış odunların polimer

kompozitlerde kullanımının rahat olduğu ve iyi bir karışım sağladığı sonucuna varılmıştır.

- Zamanın bir fonksiyon olduğu bir süreçte artan sıcaklıklara göre kompozitlerin kütle kayıpları TGA analizi yardımıyla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde T%10, T%50 ve T%85 sıcaklıklarında ısıl işlem görmüş odunların daha iyi sonuçlar verdiği saptanmıştır. DTG_{max} sonuçlarına bakıldığında ise en yüksek değerler UT6-%20 formülasyonu için belirlenmiştir. Kütle kayıp değerleri de genelde PP'ye göre düşük çıkmasına karşın en iyi sonuçlar HT2 içeren kompozitlerde %95 olarak saptanmıştır. Sonuç olarak ısıl işlem görmüş odunun PP kompozitlerin termal kararlılığını iyileştirdiği ve bu nedenle kompozitlerde kullanılabilirliğinin olduğu sonucuna varılmıştır.
- Polimer kompozitlerin DSC ile yapılan analizlerinde T_c, T_m ve X_c değerleri incelenmiş ve partikül ilavesi sonrasında T_c değerlerinin genellikle saf PP'ye göre daha yüksek değerler verdiği saptanmıştır. Bu durum materyalin daha geç sertleşeceği anlamına gelmekte ve işlenmesi sırasında maliyetlerde artışa sebep olabileceği söylenebilir. T_m değerleri incelendiğinde ise T_m değerleri genellikle saf PP'nin T_m'sinden daha düşük yada benzer değerlerde olduğu saptanmıştır. Bu durumda malzemenin biraz daha erken eriyeceği yada erime süresinde bir değişimin olmayacağı anlamına gelmektedir. Kristalinite değerleri (X_c) incelendiğinde ise genellikle saf PP'ye göre düşük olduğu saptanmıştır.
- XRD desenleri ve FTIR spektrumları incelendiğinde kompozitlerin yapısının benzer olduğu saptanmıştır. Sadece tepe yüksekliklerinde ve yoğunluklarında değişim olduğu saptanmıştır.
- Odun polimer yada plastik kompozitlerin dış ortam uygulamaları yoğun olduğu için hazırladığımız kompozitlerin yaşlanma, renk değişimi ve mantar testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak kompozitler yaşlanma sonucunda yüzeylerde çatlaklar ve odun partiküllerinin yüzeylere çıkması gibi sorunlar olduğu saptanmıştır. Özellikle ısıl işlem görmüş odun içeren kompozitlerde grileşme ve beyazlaşma oluşumu saptanmıştır. Bu durumda bu kompozitlerin UV

direncinin iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Bu şekilde ısıtılmalı odun kullanılacak kompozitlerde UV koruyucu gibi materyallerin ilave edilmesi büyük önem arz ettiği söylenebilir. Aksi takdirde kullanım ömrü bu materyaller için hayli kısa olacaktır. Mantar testleri incelendiğinde ise kompozitlerin mantarlar tarafından tamamıyla sarılmasına karşın kompozitler %0,9 ile %1,6 arasında kütle kayıpları vermiştir. Özellikle ısıtılma sıcaklığı arttıkça mantar zararının düştüğü de gözlenmiştir. Bu sonuca göre ise bu kompozitlerin mantar zararlılarına göre dirençli olduğu sonucunu göstermektedir.

Bütün bu sonuç ve öneriler ışığında ısıtılma görmüş odun dolgu polimer kompozitlerin ticari olarak büyük bir potansiyele sahip olmasına karşın beyazlaşma yada grileşme sorununun çözülememesi durumunda bu materyalleri yaygınlaşmasının çok zor olduğu söylenebilir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmaları odun polimer yada plastik kompozitlerinin dış ortam performansının yada UV direncinin iyileştirilmesi üzerinde yönlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgul, M. Gumuskaya, E. Korkut, S. (2007). Crystalline structure of heat-treated Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and uludağ fir ((*Abies normanniana* (Stev.) subsp. bornmuellerina (Mattf.)) wood. *Wood Science and Technology*, 41 (3): 281-289.
- Anonim, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Plastik Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Anonim, (1985). *Kayın*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları El Kitabı Dizisi: 1, Muhtelif Yayınlar Serisi: 42, Ankara, 88 s.
- Arwinfar, F., Hosseinihashemi, S. K., Latibari, A. J., Lashgari, A. ve Ayrılmış, N. (2016). Mechanical properties and morphology of wood plastic composites produced with thermally treated beech wood. *BioResources*, 11 (1): 1494-1504.
- AS, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S. (2002). Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik fiziksel mekanik ve kimyasal özellikleri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B, 1 (51): 71-88.
- Aydemir, D., Gündüz, G. ve Onat, S.M. (2010). The impact of heat treatment on bonding strength of black pine wood. *Journal of Adhesion*, 86 (9): 904-912.
- Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntas, E., Ertas, M. H., Sahin, H.T. ve Alma, M.H. (2011). Investigating changing in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and uludag fir wood. *BioResources*, 6 (2): 1308-1321.
- Aydemir, D., Gündüz, G. ve Özden, S. (2012). The influence of thermal treatment on color responses of wood materials. *Color Research and Application*, 37 (2) : 148-153.
- Aydemir, D., Kızıлтаş, A., Erbaş Kızıлтаş, E. J., Gardner, D. (2015). Heat treated wood–nylon 6 composites. *Composites: Part B*, 68: 414–423.
- Aydın, İ. (2004). Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Trabzon, 300 s.
- Bekhta, P. ve Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*, 57 (5): 539–546.
- Bengtsson, M. ve Oksman, K. (2006). The use of silane technology in crosslinking polyethylene/wood flour composites. *Composite Part A*, 37: 752 – 765.
- Beşergil, B. (2008). *Polimer Kimyası*, Gazi Kitapevi, Ankara, 490 s.

- Boonstra, M. J., Van Acker, J., Tjeerdsma, B. F., Kegel, E. V. (2007). Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science*, 64 (7): 679-690.
- Bourgois, J., Janin, G. ve Guyonnet, R. (1991). Measuring colour: a method of studying and optimising the chemical transformations of thermally-treated wood, *Holzforschung*, 45(5): 377–382.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N. (1997). *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*. İ.Ü. Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul, 372 s.
- Bhuiyan, T. ve Hirai, N. (2000). Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions. *Journal of Wood Science*, 46: 431–436.
- Bhuiyan, T. ve Hirai, N. (2005). Study of crystalline behavior of heat-treated wood cellulose during treatments in water. *Journal of Wood Science*, 51: 42–47.
- Carley, J.F. (1993). *Whittington's Dictionary of Plastics*. 4. Ed., Technomic Publishing Company, CRC Press, Lancaster, 575 s.
- Clemons, (2008). Raw materials for wood polymer composites. *Wood Polymer Composites*, ed. C. Clemons, CRC Press, NewYork, 1-10 s.
- Dencheva. N., Nunes, T.G., Oliveira, M.J., ve Denchev, Z. (2005). Crystalline structure of polyamide 12 as revealed by solid-state ¹³C NMR and synchrotron WAXS and SAXS. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 43 (24): 3720-3733.
- Dillard, D.A., ve Pacius, A.V. (2002). *Surfaces, Chemistry and Applications: Adhesion Science and Engineering*. Elsevier, Netherland, 781 s.
- Eslam, H. K., Saieh, S. E., Rajabi, M. (2011). Effect of steaming treatment on the physical and mechanical properties of WPC made of cotton flour and polypropylene. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6): 1143-1150.
- Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., Pereira, H. (2013). Chemical changes of heat treated pine and eucalypt wood monitored by FTIR. *Maderas, Ciencia Y Tecnologia*, 15 (2): 245-258.
- Esteves, B.M. ve Pereira, H.M. (2009). Wood modification by heat treatment. *BioResources*, 4 (1): 370-404.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1989). *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter De Gruyter, 617 s.
- Friedrich, K., Zhang, Z., Schlarb, AK. (2005). Effects of various fillers on the sliding wear of polymer composites. *Composites Science and Technology*, 65 (15-16): 2329-2343.

- Green, D. W., Evans, J. W. ve Craig, B. (2003). Durability of structural lumber products at high temperature. Part 1: 66°C at 75% RH and 82° C at 30% RH. *Wood and Fiber Science*, 35(4): 499–523.
- Gündüz, G. ve Aydemir, D. (2009). The influence of mass loss on mechanical properties of heat treated black pine wood. *Wood Research*, 54 (4): 33-42.
- Gündüz, G. ve Aydemir, D. (2009). The influence of mass loss on mechanical properties of heat treated black pine wood. *Wood Research*, 54 (4): 33-42.
- Gündüz, G., Aydemir, D. ve Korkut, S. (2010). The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of uludag fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 28 (2): 249-255.
- Gündüz, G., Aydemir, D. ve Korkut, S. (2010). The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of uludag fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 28 (2): 249-255.
- Harnby, N., Edwards, MF., Nienow, A.W. (1992). *Mixing in the Process Industries*. 2nd. Ed, M. Dekker: Oxford, 414 s.
- Inoue, M., Norimoto, M., Tanahashi, M. ve Rowell, R. M. (1993). Steam or heat fixation of compressed wood. *Wood and Fiber Science*, 25(3): 224-235.
- Jabbari, E. ve Peppas, N.A. (1994). Polymer-polymer interdiffusion and adhesion. *Journal of Macromolecular Science Part C: Polymer Reviews*, 34 (2): 205-241.
- Kaboorani, A., Faezipour, P. ve Ebrahimi, G. (2008). Feasibility of using heat treated wood in wood/thermoplastic composites. *Journal of Reinforced Plastics & Composites*, 27 (16-17): 1689-1699.
- Lafia-Araga, Ruth A., Hassan, A., Yahya, R., Rahman, N. A., Hornsby, P. R. ve Heidarian, J. (2012). Thermal and mechanical properties of treated and untreated red balau (*Shorea dipterocarpaceae*)/LDPE composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(4): 215–224.
- LeVan, S. L., Ross, R. J. ve Winandy, J. E. (1991). Effects of fire retardant chemicals on the bending properties of wood at elevated temperatures. *USDA Research Paper FPL-RP-498*, Madison, WI.
- LeVan, S. M. ve Evans, J. W. (1996). Mechanical properties of fire-retardant treated plywood after cyclic temperature exposure. *Forest Products Journal*, 46(5): 64–71.
- Lǐ, Y., Du, Kai, CHuang, R. ve Wu, Q. (2013). Bamboo and high density polyethylene composite with heat treated bamboo fiber: thermal decomposition properties. *BioResources*, 8 (1): 900-912.

- Li, Y., D'U, L., Zhang, Z. ve Wu, Q. (2015). High-density polyethylene and heat-treated bamboo fiber composites: nonisothermal crystallization properties. *International Journal of Polymer Science*. 7 s.
- Luo, S., Cao, J., Peng, Y. (2014). Properties of glycerin-thermally modified wood flour/polypropylene composites. *Polymer Composites*, 7 s.
- Mallick, P.K. ve Zhou, Y.X. (2003). Yield and fatigue behavior of polypropylene and polyamide-6 nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 38(15): 3183-3190.
- Maya J.J., Rajesh, A.D., Laly, P.A. ve Sabu. T. (2007). Cellulosic fibre-reinforced green composites. *Composite Interfaces*, 14 (7-9): 733-751.
- Mayes, D. ve Oksanen, O. (2002). *ThermoWood Handbook*, Finnforest Press, Finland. 5(52).
- MEGEP (2009). *Kimya Teknolojisi, Propilen Türevleri ve Prosesleri*, Ankara, 48 s.
- Millett, M. A. ve Gerhards, G. C. (1972). Accelerated aging: residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115 °C to 175 °C. *Wood Science*, 4(4): 193–201.
- Mitchell, B.S. (2004). *An introduction to materials engineering and science: for chemical and materials engineering*. Chapter I: The structure of Materials, USA, 907s.
- Ndiaye, D., Diop, B., Thiandoume, C. P., Fall, P.A., Farota, A. K. ve Tidjani, A. (2012). morphology and thermo mechanical properties of wood/polypropylene composites. *InTechhopen*, 500 s.
- Niska, K.O. ve Sain, M. (2008). *Wood polymer Composites*. 1th Edition, Woodhead Publishing Limited, 366 pages.
- Niska, KO. ve Sanadi, A.R. (2008). Interactions between wood and synthetic polymers. *In Wood Polymer Composites*. ed. C. Clemons, WoodHead Publishing Limited, CRC Press, NewYork, USA, 366 s.
- Oksman, K. ve Bengtsson, M. (2007). Wood fibre thermoplastic composites; processing, properties and future developments. *In Engineering Biopolymers; Homopolymers, Blends and Composites*, Ed. S. Fakirov and D. Bhattacharyya, Hansa Publisher, 887 s.
- Oksman, K. ve Clemons, C. (1998). Mechanical properties and morphology of impact modified Polypropylene-wood flour composites. *Journal of Applied Polymer Science*, (67): 1503 – 1513.
- Osswald, T.A. ve Menges, G. (1996). *Materials Science of Polymers for Engineers*. 2nd Ed., Carl Hanser Verlag, New York, 618 s.
- Pizzi, A. ve Mittal, K.L. (2003). *Handbook of Adhesive Technology*, Revised and Expanded. CRC Press, USA, 1036 s.

- Rabiej, M. (2003). Application of the genetic algorithms and multi-objective optimisation to the resolution of X-Ray diffraction curves of semicrystalline polymers. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 11(5): 83-87.
- Rabiej, S. (1991). A comparison of two x-ray diffraction procedures for crystallinity determination. *European Polymer Journal*, 27(9): 947-954.
- Ray, S. ve Easteal A.J. (2007). Advances in polymer-filler composites: macro to nano. *Materials and Manufacturing Processes*, 22 (6): 741-749.
- Robin, J. J. ve Breton, Y. (2001). Reinforcement of recycled polyethylene with wood fibers heat-treated. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 20 (14): 1253-1262.
- Rothon, R. (2009). *Particulate-filled Polymer Composites*. 2nd Edition, Rapra Technology Limited, 527 pages.
- Ruckenstein, E. (1969). The wetting of a solid surface by a liquid. *Chemical Engineering Science*, 24 (8): 1223-1226.
- Sanadi, A.R. Rowell, R.M. ve Young, R.A. (1993). Evaluation of wood-thermoplastic interphase shear strengths. *Journal of Materials Science*, 28 (23): 6347 – 6352.
- Şahin, Y. (2006). *Kompozit Malzemelere Giriş*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 331 s.
- Tankut, N. ve Tankut, A.N. (2000). Wood composites used in furniture. *Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1-2): 47-51.
- Tankut, N., Tankut, A. N., Zor, M. (2011). Bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin kullanım imkanlarının mühendislik tasarımı yaklaşımıyla incelenmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim. Kahramanmaraş.
- Teknoplen. (2004). *Polypropylen*, Polyone Engineered Materials Europe Tekno Polimer Mühendislik Plastikleri San. Ve Tic. AŞ. ürün kataloğu, İstanbul, Türkiye.
- Tchoudakov, R. Breuer, O. Narkis, M. ve Siegmann, A. (1996). Conductive polymer blends with low carbon black loading: polypropylene/polyamide. *Polymer Engineering and Science*, 36 (10): 1336-1346.
- Tufan, M., Güleç, T., Peşman, E. ve Ayrılmış, N. (2016). Technological and thermal properties of thermoplastic composites filled with heat-treated alder wood. *BioResources*, 11 (2): 3153-3164.
- Tumen, I., Aydemir, D., Gunduz, G., Uner, B., ve Cetin, H. (2010). Changes in the chemical structure of thermally treated wood. *BioResources*, 5 (3): 1936-1944.
- Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen, L., Nurmi, A. ve Viitaniemi, P. (1994). The effect of heat treatment on the properties of spruce, a preliminary report. *International Research Group on Wood Preservation*, 03 – 06 May, Doc. No. IRG/WP 94-40032, Nusa Dua, Bali, Indonesia.

- Viitaniemi, P., Jamsa, S., Ek, P. ve Viitanen, H. (2001). Method for increasing the resistance of cellulosic products against mould and decay. Patent: EP695408B1. *VTT Technical Research Centre of Finland*.
- Winandy, J. E. (1995a). Effects of waterborne preservative treatment on mechanical properties: A review, *Proceeding: Woodstock*, MD; American Wood Preservers' Association. 91: 17-33.
- Winandy, J. E. (2001). Effects of fire retardant retention, borate buffers, and re-drying temperature after treatment on thermal-induced degradation. *Forest Products Journal*, 47 (6): 79–86.
- Winandy, J. E. (2001) Thermal degradation of fire-retardant-treated wood: Predicting residual service-life. *Forest Products Journal*, 51 (2): 47–54.
- Winandy, J. E. ve Rowell, R. M. (2005). Chemistry of wood strength. *Handbook Of Wood Chemistry And Wood Composites-Unit. 11: Thermal Degradation*, CRC Press LLC, 303-350pp.
- Winandy, J. E., LeVan, S. M. ve Ross, R.J. (1991). Thermal degradation of fire-retardant-treated plywood- development and evaluation of a test protocol. *USDA Res. Paper FPL-501*.
- Yıldız, S. ve Gümüşkaya, E. (2007). The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. *Building and Environment*, 42 (1): 62–67.
- X. Wang, Y., Deng, S., Wang, C., Min, Y. (2013). Evaluation of the effects of compression combined with heat-treatment by nanoindentation (NI) of poplar cell walls. *Holzforschung*, DOI: 10.1515/hf-2013-0084 (In press).167-173 pages.
- Zhen, Yu M.Z. ve Wing Mai, Y. (2006). *Polymer Nanocomposites*. 1. Basım, Woodhead Publishing, Cambridge, 560 s.
- URL-1. (2016). <http://www.shutterstock.com/pic-314504252/stock-vector-structural-chemical-formula-and-model-of-polypropylene-molecule-d-and-d-vector-isolated-on.html>, Son erişim tarihi: 17/05/2016.
- URL-2. (2015). [http://www.hindawi.com/journals/amse/526570/fig1/The CIEL,a,b color space](http://www.hindawi.com/journals/amse/526570/fig1/The%20CIEL,a,b%20color%20space), Son erişim tarihi: (10/07/2015).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mizgin ALSAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Batman-15.05.1989

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : 2010-2014 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2014-2016 Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller :

Bilimsel Faaliyet/Yayımlar : Deniz Aydemir, Busra Civi, Mizgin Alsan, Ahmet Can, Huseyin Sivrikaya, Gokhan Gunduz, Alice Wang: Mechanical, Morphological and Thermal Properties of Nano-boron Nitride Treated Wood Materials. Maderas: Ciencia y Tecnología 03/2016; 18(1):19-32. DOI:10.4067/S0718-221X2016005000003

Aldığı Ödüller :

İş Deneyimi

Stajlar : Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Tic. AŞ., Balıkesir (20 iş günü)

Novawood Orman Ürünleri A.Ş., Gerede (20 iş günü)

Projeler ve Kurs Belgeleri :

Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi : mizginalsan@gmail.com

Tarih : 03/06/2016