

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI LİGNOSELÜLOZİK VE TERMOPLASTİK MADDELERLE ÜRETİLEN
ODUN-PLASTİK KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

EYLÜL 2011

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI LİGNOSELÜLOZİK VE TERMOPLASTİK MADDELERLE ÜRETİLEN
ODUN-PLASTİK KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Orm. End. Yük. Müh. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.08.2011
Tezin Savunma Tarihi : 29.09.2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR Tarafından Hazırlanan

**FARKLI LİGNOSELÜLOZİK VE TERMOPLASTİK MADDELERLE ÜRETİLEN
ODUN-PLASTİK KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 23 / 08 / 2011 gün ve 1419 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Üye : Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

Üye : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI

Üye : Prof. Dr. Sevil SAVAŞKAN YILMAZ

Üye : Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizde orman ürünleri sanayi ve tarımsal atıkların değerlendirilerek katma değeri yüksek kompozit ürünler elde edilmesini amaçlayan özgün tez konusunun çalışılmasını sağlayan, her konuda destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’na sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Tezin kurgulanması ve yürütülmesi aşamasında ilgi ve desteğini gördüğüm ve deneysel çalışmalarımın büyük bir kısmının gerçekleştirilmesi için laboratuvar imkânlarını seferber eden sayın hocam Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU’na ve çalışma ekibinde bulunan Kadir KARAKUŞ’a, Arş. Gör. Türker GÜLEÇ’e ve Arş. Gör. Alperen KAYMAKÇI’ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışma sürecini sürekli olarak izleyen ve başarıyla bitirilmesi için değerli görüşlerinden yararlandığım sayın hocalarım Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU ve Prof. Dr. Hüseyin KIRCI’ya teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında değerli görüşlerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Engin Derya GEZER’e teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince bazı analizleri yapmama imkân sağlayan sayın Prof. Dr. M.Hakkı ALMA’ya, yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Murat ERTAŞ’a ve ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü hocalarından Doç. Dr. Göknur BAYRAM’a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her zaman desteklerini gördüğüm ve tez yazım aşamasında büyük yardımını gördüğüm başta Yrd. Doç. Dr. Sevda BORAN, Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER, Arş. Gör. Eylem DİZMAN TOMAK, Yrd. Doç. Dr. Süleyman ÖZGEN, Dr. Evren ERSOY KALYONCU, Arş. Gör. Hüsnü YEL’e çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hazırlanmasında “00214.STZ.2007-2” kodlu SAN-TEZ projesi ile maddi destek sağlayan Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’na ve sanayi kuruluşuna teşekkür ederim. Her zaman yanımda olan ve çalışmalarım süresince bana destek olan sevgili eşim Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR’a ve beni bugünlere getiren sevgili aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR
Trabzon, 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof.Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/08/2011

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	XII
SUMMARY	XIII
SEKİL LİSTESİ	XIV
TABLolar LİSTESİ	XIX
KISALTMALAR LİSTESİ	XXIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Odun Plastik Kompozitlerinin Tanımı	2
1.3. Odun Plastik Kompozitlerin Tarihi Gelişimi	3
1.3.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi ve Kullanım Alanları	4
1.4. Odun Plastik Kompozitlerinde Kullanılan Hammaddeler	5
1.4.1. Odunsu Materyal	5
1.4.1.1. Odun Esaslı Levha Sanayi Atıkları	5
1.4.1.1.1. MDF Zımpara Tozu	6
1.4.1.2. Diğer Lignoselülozik Hammaddeler	7
1.4.1.2.1. Tarımsal Atıklar	7
1.4.1.2.1.1. Çay	8
1.4.1.2.1.1.1. Türkiye’de ve Dünyada Çay Üretimi	8
1.4.1.2.1.1.2. Çay Fabrikası Atığının Özellikleri ve Değerlendirilmesi	9
1.4.2. Plastikler	10
1.4.2.1. Plastiğin Tarihi Gelişimi ve Dünya Plastik Üretimi	10
1.4.2.2. Plastiklerin Genel Özellikleri	12
1.4.2.2.1. Görünüm.....	12
1.4.2.2.2. Yüzey Özelliği	12
1.4.2.2.3. Yoğunluğu	13

1.4.2.2.4.	Isıl Özellikler	13
1.4.2.2.5.	Kimyasal Özellikler	13
1.4.2.2.6.	Alevlenme (Yanma) Özellikleri	14
1.4.2.2.7.	Hava Etkisi ile Bozulma.....	14
1.4.2.2.8.	Elektriksel Özellikler	14
1.4.2.2.9.	Mekanik Özellikler	15
1.4.2.3.	Plastiklerin Sınıflandırması	15
1.4.2.3.1.	Termoplastikler	15
1.4.2.3.1.1.	Polioleninler	15
1.4.2.3.1.1.1.	Polietilen	16
1.4.2.3.1.1.1.1.	Açık Yoğunluklu Polietilen (AYPE)	17
1.4.2.3.1.1.1.2.	Orta Yoğunluklu Polietilen (OYPE)	17
1.4.2.3.1.1.1.3.	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	17
1.4.2.3.1.1.2.	Polipropilen (PP)	18
1.4.2.3.1.1.3.	Polistiren (PS)	19
1.4.2.3.1.1.4.	Polivinil Klorür (PVC)	19
1.4.2.3.2.	Termosetler	20
1.4.2.3.3.	Elastomerler	21
1.4.3.	Odun Plastiklerin Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri	21
1.4.3.1.	Birleştirici Kimyasallar (Coupling Agents)	21
1.4.3.1.1.	Birleştiricilerin Sınıflandırılması.....	23
1.4.3.1.2.	Birleştiricilerin OPK Üretiminde Kullanımı	24
1.4.3.2.	Yağlayıcılar	26
1.4.3.3.	Renklendiriciler	27
1.4.3.4.	Antioksidanlar	27
1.4.3.5.	Ultraviyole (UV) Absorplayıcılar	28
1.4.3.6.	Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler (YGM)	28
1.4.3.6.1.	Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması	30
1.4.3.6.1.1.	İnert (Pasif) Yangın Geciktiriciler	30
1.4.3.6.1.2.	Aktif Yangın Geciktiriciler	31
1.4.3.6.1.2.1.	Halojenli Yangın Geciktiriciler	31
1.4.3.6.1.2.1.1.	Klor Esaslı Yangın Geciktiriciler	31
1.4.3.6.1.2.1.2.	Brom Esaslı Yangın Geciktiriciler	32

1.4.3.6.1.2.1.3.	Halojenli Yangın Geciktiriciler İçin Getirilen Kısıtlamalar ve Yasaklar	32
1.4.3.6.1.2.2.	Halojen İçermeyen Yangın Geciktiriciler	33
1.4.3.6.1.2.2.1.	Metal Hidroksitler	34
1.4.3.6.1.2.2.1.1.	Alüminyum Tri Hidrat (ATH).....	34
1.4.3.6.1.2.2.1.2.	Magnezyum Hidroksit	35
1.4.3.6.1.2.2.2.	Bor Esaslı Yangın Geciktiriciler	36
1.4.3.6.1.3.	Diğer Yangın Geciktiriciler.....	39
1.5.	Odun Plastik Kompozit Üretim Teknolojisi	39
1.5.1.	Ekstrüzyon Yöntemiyle OPK Üretimi	40
1.5.1.1.	Tek Vidalı Ekstruderler	41
1.5.1.2.	İkiz Vidalı Ekstruder	42
1.5.2.	Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile OPK Üretimi	44
1.5.3.	Basıncılı Kalıplama ile OPK Üretimi	45
1.6.	OPK Kullanım Alanları.....	46
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	47
2.1.	Materyal	47
2.1.1.	Lignosellülozik Dolgu Maddeleri	47
2.1.2.	Termoplastik Polimerler	47
2.1.2.1.	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	48
2.1.2.2.	Polipropilen (PP)	48
2.1.3.	Birleştirici Kimyasallar	48
2.1.3.1.	Maleik Anhidrit ile Aşılınmış Polietilen (MAPE).....	49
2.1.3.2.	Maleik Anhidrit ile Aşılınmış Polipropilen (MAPP)	49
2.1.4.	Yağlayıcı Madde	49
2.1.5.	Yangın Geciktirici Maddeler.....	50
2.1.5.1.	Alüminyum Trihidrat	50
2.1.5.2.	Çinko Borat	50
2.2.	Lignoselülozik Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitleri Üretimi	51
2.2.1.	Lignoselülozik Dolgu Maddelerinin Hazırlanışı	51
2.2.2.	Karıştırma	53
2.2.3.	Ekstrüzyon	54
2.2.4.	Kırma	56

2.2.5.	Kurutma	57
2.2.6.	Presleme	57
2.3.	Deneme Levha Tipleri	57
2.3.1.	Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	58
2.3.2.	Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	59
2.3.3.	Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	60
2.3.4.	Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretimler	60
2.4.	Araştırma Yöntemi	61
2.4.1.	Fiziksel Özellikler	61
2.4.1.1.	Yoğunluk	61
2.4.1.2.	Su Alma Oranı	62
2.4.1.3.	Kalınlık Artış Oranı	62
2.4.2.	Mekanik Özellikler	63
2.4.2.1.	Eğilme Özellikleri	63
2.4.2.2.	Çekme Özellikleri	65
2.4.2.3.	Darbe Direnci	66
2.4.3.	Isıl Özellikler	67
2.4.3.1.	Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)	68
2.4.3.2.	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi (DSC)	68
2.4.4.	Sınırlayıcı Oksijen İndeks Testi	69
2.4.5.	Çürüklük Testi	70
2.4.6.	Morfolojik Özellikler (SEM)	71
2.5.	İstatistik Yöntemler	72
2.6.	Deneme Desenleri	72
3.	BULGULAR	76
3.1.	Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular	76
3.1.1.	Fiziksel Özellikler	76
3.1.1.1.	Yoğunluk	76
3.1.1.2.	Su Alma Oranı	78
3.1.1.3.	Kalınlık Artış Oranı	81

3.1.2.	Mekanik Özellikler	83
3.1.2.1.	Eğilme Özellikleri	83
3.1.2.2.	Çekme Özellikleri	86
3.1.2.3.	Darbe Direnci	90
3.2.	Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özellikleri Etkisine Ait Bulgular	92
3.2.1.	Fiziksel Özellikler	92
3.2.1.1.	Yoğunluk	92
3.2.1.2.	Su Alma Oranı.....	94
3.2.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	97
3.2.2.	Mekanik Özellikler	99
3.2.2.1.	Eğilme Özellikleri	99
3.2.2.2.	Çekme Özellikleri	102
3.2.2.3.	Darbe Direnci	107
3.3.	Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular	109
3.3.1.	Fiziksel Özellikler	109
3.3.1.1.	Yoğunluk	109
3.3.1.2.	Su Alma Oranı.....	112
3.3.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	115
3.3.2.	Mekanik Özellikler	118
3.3.2.1.	Eğilme Özellikler	118
3.3.2.2.	Çekme Özellikleri	123
3.3.1.3.	Darbe Direnci	131
3.3.3.	Termal Özellikler	134
3.3.3.1.	Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)	134
3.3.3.2.	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi (DSC).....	135
3.3.4.	Sınırlayıcı Oksijen İndeks (LOI) Değerleri	136
3.3.5.	Çürüklük Testi	137
3.4.	Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretilen Levhalara Ait Bulgular	140
3.4.1.	Fiziksel Özellikler	140
3.4.1.1.	Yoğunluk	140

3.4.1.2.	Su Alma Oranı.....	141
3.4.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	142
3.4.2.	Mekanik Özellikler	143
3.4.2.1.	Eğilme Özellikleri	143
3.4.2.2.	Çekme Özellikleri	145
3.4.2.3.	Darbe Direnci	146
4.	İRDELEME	148
4.1.	Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	148
4.1.1.	Fiziksel Özellikler	148
4.1.1.1.	Yoğunluk	148
4.1.1.2.	Su Alma Oranı.....	149
4.1.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	153
4.1.2.1.	Mekanik Özellikler	156
4.1.2.1.1.	Eğilme Özellikleri	156
4.1.2.1.2.	Çekme Özellikleri	159
4.1.2.1.3.	Darbe Direnci	163
4.1.3.	Morfolojik Özellikler (SEM)	164
4.2.	Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	169
4.2.1.	Fiziksel Özellikler	169
4.2.1.1.	Yoğunluk	169
4.2.1.2.	Su Alma Oranı.....	171
4.2.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	174
4.2.2.1.	Mekanik Özellikler	177
4.2.2.1.1.	Eğilme Özellikleri	177
4.2.2.1.2.	Çekme Özellikleri	180
4.2.2.1.3.	Darbe Direnci	185
4.2.3.	Morfolojik Özellikler (SEM)	186
4.3.	Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi	189
4.3.1.	Fiziksel Özellikler	189
4.3.1.1.	Yoğunluk	189
4.3.1.2.	Su Alma Oranı.....	191

4.3.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	196
4.3.2.	Mekanik Özellikler	201
4.3.2.1.	Eğilme Özellikleri	201
4.3.2.2.	Çekme Özellikleri	207
4.3.2.3.	Darbe Direnci	213
4.3.3.	Isıl Özellikler	216
4.3.3.1.	Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)	216
4.3.3.2.	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)	223
4.3.4.	Sınırlandırıcı Oksijen İndeks	225
4.3.5.	Çürüklük Testi	228
4.3.6.	Morfolojik Özellikler (SEM)	231
4.4.	Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretimlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	233
4.4.1.	Fiziksel Özellikler	233
4.4.1.1.	Yoğunluk	233
4.4.1.2.	Su Alma Oranı.....	234
4.4.1.3.	Kalınlık Artış Oranı.....	234
4.4.2.	Mekanik özellikler.....	235
4.4.2.1.	Eğilme Özellikleri	235
4.4.2.2.	Çekme Özellikleri	236
4.4.2.3.	Darbe Direnci	238
5.	SONUÇLAR	239
5.1.	Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisi.....	239
5.2.	Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisi	240
5.3.	Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisi	240
5.4.	Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretimlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	242
6.	ÖNERİLER	244
7.	KAYNAKLAR.....	246
8.	EKLER	269

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

FARKLI LİGNOSELÜLOZİK VE TERMOPLASTİK MADDELERLE ÜRETİLEN
ODUN-PLASTİK KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr. Hülya KALAYCIOĞLU
2011, 268 Sayfa, 12 Sayfa Ek

Bu çalışmada, lignoselülozik madde olarak çay fabrikası atığı ve orta yoğunluklu liflevhaların (MDF) zımparalanması sonucu oluşan zımpara tozu ve termoplastik polimer olarak da yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) kullanılarak ekstrüzyon yöntemiyle üretilen odun plastik kompozitlerinin performans özellikleri belirlenmiştir. Odun plastik kompozitlerin (OPK) performanslarını iyileştirmek için birleştirici (coupling agent) ve yangın geciktiriciler kullanılmış ve levha özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Üretilen levhaların performansları fiziksel, mekanik, ısı, yanma, biyolojik ve morfolojik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozunun, YYPE ve PP termoplastik polimerleri için uygun potansiyel dolgu maddeleri olduğu belirlenmiştir. Birleştirici kullanımı, lignoselülozik dolgu maddesi ile termoplastik arasındaki bağlanmayı güçlendirmiş ve en uygun kullanım oranının %3 olduğu belirlenmiştir. Yangın geciktirici kullanımı ile de odun plastik kompozitlerinin yanmayı geciktirici özelliğe sahip hale getirildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: OPK, Çay Fabrikası Atığı, MDF Zımpara Tozu, Termoplastik Polimer, Birleştirici, Yangın Geciktirici

PhD. Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES
PRODUCED FROM SEVERAL LIGNOCELLULOSIC FILLER AND
THERMOPLASTIC POLYMERS

Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU
2011, 268 Pages, 12 Pages Appendix

In this study, the performance analysis of wood plastic composites (WPC) produced with the extrusion method was accomplished by using both tea mill waste and sand dust of medium-density fiberboard (MDF) as lignocellulosic materials and high density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP) as thermoplastic polymer. Coupling agents and fire retardants (FR) were used to improve the performances of wood plastic composites (WPC), and their effects on WPC properties were evaluated. The performances of produced WPCs were evaluated in aspect of physical, mechanical, thermal, flammability, biological and morphological properties. In the light of obtained results, it was determined that tea mill waste and MDF sand dust were proper potential filler materials for HDPE and PP thermoplastic polymers. The usage of coupling agent improved interfacial adhesion between lignocellulosic filler and thermoplastic polymer, and the optimum ratio was determined as 3%. It was specified that use of fire retardants (FR) improved the flammability of WPC.

Key Words: WPC, Tea Mill Waste, MDF Sand Dust, Thermoplastic Polymer, Coupling Agent, Fire Retardant

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. (a) 1950-2009 yılları arasında Avrupa ve dünyada plastik üretimi, (b) 2009 yılı dünya plastik üretiminin ülkelere göre % dağılımı	12
Şekil 2. Etilenin polimerizasyonu	16
Şekil 3. Propilen polimerizasyonu	18
Şekil 4. Stirenin polimerizasyonu	19
Şekil 5. Vinil klorür polimerizasyonu	20
Şekil 6. OPK üretiminde kullanılan birleştiricilerin çalışma mekanizması	22
Şekil 7. OPK üretiminde birleştiricilerin kullanılma metotları	25
Şekil 8. Polimerlerin yanma mekanizması	30
Şekil 9. Halojenli yangın geciktiricilerin gaz fazı reaksiyonları (burada X, klorlu veya bromlu bileşikler temsil etmektedir)	31
Şekil 10. Ekstrüzyon yöntemi ile OPK üretimi genel iş akışı	40
Şekil 11. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması	42
Şekil 12. İkiz vidalı ekstruderin çalışma mekanizması	43
Şekil 13. Enjeksiyon kalıplama prosesinin çalışma mekanizması.....	44
Şekil 14. Basınçlı kalıplama ile OPK üretimi	45
Şekil 15. Lignoselülozik dolgu maddeli termoplastik kompozit levhaları üretim akış diyagramı.....	51
Şekil 16. Çay fabrikası atık liflerine ait elek analizi sonuçları	52
Şekil 17. Sarsak elek	52
Şekil 18. Laboratuvar tipi karıştırıcı	53
Şekil 19. Endüstriyel tipi karıştırıcı	54
Şekil 20. Tek vidalı laboratuvar tipi ekstruder	55
Şekil 21. (a) İkiz vidalı endüstriyel tipi ekstruder, (b) Ekstruderden çıkan pelletlerin soğumasını sağlayıcı sistem	55
Şekil 22. Pellet kırma makinesi	56
Şekil 23. Endüstriyel tipi kırma makinesi	56
Şekil 24. Laboratuvar tipi hidrolik sıcak pres	57
Şekil 25. Eğilme test düzeneği.....	64

Şekil 26.	Çekme test düzeneği	65
Şekil 27.	Çentikli deney örneği (a) Polytest RayRan çentik açma aleti, (b) Zwick/ Roell HIT5.5P. darbe test cihazı.....	67
Şekil 28.	TGA analiz test cihazı	68
Şekil 29.	DSC analiz test cihazı.....	69
Şekil 30.	Oksijen indeks test düzeneği	70
Şekil 31.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri .	148
Şekil 32.	MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri	149
Şekil 33.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların uzun su alma oranları.....	150
Şekil 34.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları.....	151
Şekil 35.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları.....	154
Şekil 36.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları.....	155
Şekil 37.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların eğilme özellikleri....	157
Şekil 38.	MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların eğilme özellikleri...	158
Şekil 39.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların çekme özellikleri	160
Şekil 40.	MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların çekme özellikleri ...	161
Şekil 41.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	163
Şekil 42.	MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	164
Şekil 43.	Farklı oranlarda çay fabrikası atığı ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri	165
Şekil 44.	Farklı oranlarda çay fabrikası atığı ve polipropilen (PP) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri.....	166
Şekil 45.	Farklı oranlarda MDF zımpara tozu (MDFZT) ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri	167
Şekil 46.	Farklı oranlarda MDF zımpara tozu (MDFZT) ve polipropilen (PP) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri	168
Şekil 47.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri	169
Şekil 48.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri	170

Şekil 49.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların su alma oranları	172
Şekil 50.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların su alma oranları	173
Şekil 51.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların kalınlık artış oranı.....	175
Şekil 52.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kalınlık artış oranı.....	176
Şekil 53.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	178
Şekil 54.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	179
Şekil 55.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme özellikleri	181
Şekil 56.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme özellikleri.....	183
Şekil 57.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	185
Şekil 58.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	186
Şekil 59.	%3 oranında birleştirici, MDF zımpara tozu (MDFZT) ve termoplastik polimerler ile üretilen levhalar ve kontrol levhalarına ait SEM görüntüleri	187
Şekil 60.	%3 oranında birleştirici, MDF zımpara tozu (MDFZT) ve termoplastikler ile üretilen levhalar ve kontrol levhalarına ait SEM görüntüleri	188
Şekil 61.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri.....	190
Şekil 62.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri.....	191
Şekil 63.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	192
Şekil 64.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	193
Şekil 65.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	194

Şekil 66.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	195
Şekil 67.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	197
Şekil 68.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	198
Şekil 69.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	199
Şekil 70.	a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları	200
Şekil 71.	Çay fabrikası atıkları, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	202
Şekil 72.	Çay fabrikası atıkları, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	203
Şekil 73.	MDF zımpara tozu, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	204
Şekil 74.	MDF zımpara tozu, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri	205
Şekil 75.	Çay fabrikası atıkları, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri	208
Şekil 76.	Çay fabrikası atıkları, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri	209
Şekil 77.	MDF zımpara tozu, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri	210
Şekil 78.	MDF zımpara tozu, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri	211
Şekil 79.	Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	214
Şekil 80.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ile ATH ve ÇB ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	215
Şekil 81.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimeri, çay fabrikası atıkları, uyumsuzluk giderici ve ATH ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri	217
Şekil 82.	(a) YYPE, (b) PP termoplastik polimeri çay fabrikası atıkları, uyumsuzluk giderici ve ÇB ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri	218
Şekil 83.	MDF zımpara atıkları, termoplastik polimer ((a) YYPE ve (b) PP), birleştirici ve ATH ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri.....	219

Şekil 84.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimer ((a) YYPE ve (b) PP), birleştirici ve ÇB ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri.....	220
Şekil 85.	Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların DSC eğrileri, (a) ATH, (b) ÇB	223
Şekil 86.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların DSC eğrileri, (a) ATH, (b) ÇB ...	224
Şekil 87.	Çay fabrikası atığı, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların LOI değerleri	225
Şekil 88.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların LOI değerleri	226
Şekil 89.	Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri	228
Şekil 90.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri	229
Şekil 91.	Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %40 oranında ATH kullanımına ait SEM görüntüleri.....	231
Şekil 92.	Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %6 oranında ÇB kullanımına ait SEM görüntüleri.....	232
Şekil 93.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %40 oranında ATH kullanımına ait SEM görüntüleri.....	232
Şekil 94.	MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %6 oranında ÇB kullanımına ait SEM görüntüleri.....	232
Şekil 95.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri	233
Şekil 96.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat'lik su alma oranları	234
Şekil 97.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat'lik kalınlık artış oranları	235
Şekil 98.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri	235
Şekil 99.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri	236
Şekil 100.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri	237
Şekil 101.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü değerleri	237
Şekil 102.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı değerleri	238
Şekil 103.	Ticari reçeteler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	238

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Seçilen endüstriyel şirketin MDF tesisinde oluşan 2010 yılı zımpara toz miktarı ve % değerleri	6
Tablo 2. Türkiye’de çeşitli tarım ürünlerinin 2010 yılı üretim verileri ve bazı tarımsal ürünlere ait atık miktarları (ton).....	7
Tablo 3. Polietilenlerin genel yoğunluk ve erime akış indeksleri	16
Tablo 4. Yaygın olarak kullanılan bor esaslı yangın geciktiriciler	37
Tablo 5. Çay fabrikası atıklarının kimyasal bileşimi	47
Tablo 6. Yüksek yoğunluklu polietilenin özellikleri	48
Tablo 7. Polipropilenin özellikleri	48
Tablo 8. Maleik anhidrit ile aşılanmış polietilenin özellikleri	49
Tablo 9. Maleik anhidrit ile aşılanmış polietilenin özellikleri	49
Tablo 10. Parafin vaksın kimyasal ve fiziksel özellikleri	50
Tablo 11. Alüminyum trihidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri	50
Tablo 12. Çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri	51
Tablo 13. Deneme levha tipleri	58
Tablo 14. Deneme levha tipleri	59
Tablo 15. Deneme levhası tipleri	60
Tablo 16. Deneme levhası tipleri	61
Tablo 17. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni	73
Tablo 18. Birleştirici kimyasal oranının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni	74
Tablo 19. Yangın geciktirici madde kullanımının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni	75
Tablo 20. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretimler bölümüne ait deneme deseni	75
Tablo 21. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların yoğunluk değerleri	77
Tablo 22. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın yoğunluk değerleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	77

Tablo 23.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	77
Tablo 24.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	78
Tablo 25.	Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların su alma oranları	79
Tablo 26.	MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların su alma oranları	79
Tablo 27.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	80
Tablo 28.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	80
Tablo 29.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların su alma oranına ait homojenlik grupları	80
Tablo 30.	Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranları	81
Tablo 31.	MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranları ...	82
Tablo 32.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	82
Tablo 33.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	83
Tablo 34.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları	83
Tablo 35.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri	84
Tablo 36.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının eğilme direnci üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	84
Tablo 37.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	85
Tablo 38.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	85
Tablo 39.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	86
Tablo 40.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait homojenlik grupları	86
Tablo 41.	Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri	87

Tablo 42.	MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri	87
Tablo 43.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	88
Tablo 44.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	88
Tablo 45.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	88
Tablo 46.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	89
Tablo 47.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	89
Tablo 48.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	90
Tablo 49.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları	90
Tablo 50.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların darbe direnci değerleri	91
Tablo 51.	Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	91
Tablo 52.	Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	91
Tablo 53.	Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların darbe direncine ait homojenlik grupları	92
Tablo 54.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri	93
Tablo 55.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	93
Tablo 56.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	94
Tablo 57.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	94
Tablo 58.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların su alma oranları	95

Tablo 59.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların su alma oranları.....	95
Tablo 60.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	96
Tablo 61.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	96
Tablo 62.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranlarına ait homojenlik grupları.....	96
Tablo 63.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları	97
Tablo 64.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları	98
Tablo 65.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artışı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	98
Tablo 66.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kalınlık artışı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	99
Tablo 67.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici ile üretilen levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları.....	99
Tablo 68.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri	100
Tablo 69.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	100
Tablo 70.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	101
Tablo 71.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	101
Tablo 72.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü özellikleri üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	102
Tablo 73.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait homojenlik grupları	102

Tablo 74.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri.....	103
Tablo 75.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri.....	103
Tablo 76.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	104
Tablo 77.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	104
Tablo 78.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	105
Tablo 79.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	105
Tablo 80.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	106
Tablo 81.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	106
Tablo 82.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları.....	107
Tablo 83.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri	107
Tablo 84.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	108
Tablo 85.	Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	108
Tablo 86.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları.....	108
Tablo 87.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri.....	109

Tablo 88.	Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	110
Tablo 89.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	111
Tablo 90.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ve uyumsuzluk giderici kullanılarak üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları	111
Tablo 91.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların su alma oranları	112
Tablo 92.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların su alma oranları	113
Tablo 93.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	113
Tablo 94.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	114
Tablo 95.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranlarına ait homojenlik grupları	114
Tablo 96.	Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları.....	115
Tablo 97.	MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların kalınlık artış değerleri.....	116
Tablo 98.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	116
Tablo 99.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranına etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	117
Tablo 100.	Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları	118
Tablo 101.	Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri	118

Tablo 102. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	119
Tablo 103. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	120
Tablo 104. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	121
Tablo 105. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	122
Tablo 106. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici ile üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait homojenlik grupları	122
Tablo 107. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri	123
Tablo 108. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri	124
Tablo 109. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	125
Tablo 110. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	126
Tablo 111. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kopmada uzama miktarına etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	127
Tablo 112. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direncine ait çoğul varyans analizi sonuçları	128
Tablo 113. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	129

Tablo 114. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	130
Tablo 115. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları	131
Tablo 116. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen termoplastik levhaların darbe direnci değerleri	131
Tablo 117. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	132
Tablo 118. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları	133
Tablo 119. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları	133
Tablo 120. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların termogravimetrik karakteristikleri ve DTG pikleri.....	134
Tablo 121. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların termogravimetrik karakteristikleri ve DTG pikleri.....	135
Tablo 122. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların onset sıcaklıkları ve erime sıcaklık değerleri.....	135
Tablo 123. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların onset sıcaklıkları ve erime sıcaklık değerleri.....	136
Tablo 124. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) değerleri.....	136
Tablo 125. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri	137
Tablo 126. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	138

Tablo 127. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	139
Tablo 128. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı değerlerine ait homojenlik grupları	140
Tablo 129. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların yoğunluk değerleri	140
Tablo 130. Ticari reçetelerle üretilen levhaların yoğunluğuna ait basit varyans analizi sonuçları	141
Tablo 131. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların su alma oranı değerleri	141
Tablo 132. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına ait basit varyans analizi sonuçları	142
Tablo 133. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına ait homojenlik grupları	142
Tablo 134. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların kalınlık artış oranı değerleri	142
Tablo 135. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 24 saat için kalınlık artış oranına ait basit varyans analizi sonuçları	143
Tablo 136. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranına ait homojenlik grupları	143
Tablo 137. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerleri	144
Tablo 138. Ticari reçetelerle üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait basit varyans analizi sonuçları	144
Tablo 139. Ticari reçetelerle üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait homojenlik grupları	144
Tablo 140. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri	145
Tablo 141. Ticari reçetelerle üretilen levhaların çekme özelliklerine ait basit varyans analizi sonuçları	145
Tablo 142. Ticari reçetelerle üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları.....	146
Tablo 143. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların darbe direnci değerleri	146
Tablo 144. Ticari reçetelerle üretilen levhaların darbe direncine ait basit varyans analizi sonuçları	147

Tablo 145. Ticari reçetelerle üretilen levhaların darbe direncine ait homojenlik grupları.....	147
Tablo 146. ISO 4589 standardına göre üretilen levhaların yanma sınıfları	227

KISALTMALAR LİSTESİ

ATH	: Alüminyum trihidrat
AYPE	: Alçak yoğunluklu polietilen
ÇB	: Çinko Borat
ÇD	: Çekme direnci
ÇEM	: Çekmede elastikiyet modülü
ÇFA	: Çay fabrikası atığı
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
DTG	: Türev termogravimetrik analiz
ED	: Eğilme direnci
EEM	: Eğilmede elastikiyet modülü
KUM	: Kopmada uzama miktarı
LOI	: Sınırlayıcı oksijen indeksi
MAPE	: Maleik anhidrit ile muamele edilmiş polietilen
MAPP	: Maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen
MDF	: Orta yoğunluklu liflevha
MDFZT	: MDF zımpara tozu
OPK	: Odun Plastik Kompoziti
OYPE	: Orta yoğunluklu polietilen
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorür
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
TGA	: Termogravimetrik analiz
YGM	: Yangın geciktirici madde
YYPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde farklı üretim yöntemleri ile elde edilen plastik ürünler yaşamımızın birçok alanında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına bağlı olarak ürünlerden beklenen özellikleri sağlamak saf (katkısız) haldeki polimerlerle (plastikler) mümkün olmamaktadır. Polimerler üzerinde çeşitli modifikasyonlar yapılarak istenilen özellikte ürünler elde edilebilmekte ve bu ürünlere “kompozit malzemeler” denilmektedir. Kompozit üretimi, polimer malzemeler üzerinde yapılan en yaygın modifikasyon işlemidir. Kompozit birden fazla bileşenin fiziksel karışımı sonucu elde edilen yeni ürün olarak tanımlanabilir. Böylece farklı özellikteki iki malzeme birbirini tamamlayan yeni bir malzeme oluşturabilir. Polimer kompozitlerde mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla, farklı özelliklere sahip bir çok değişik bitkisel ve mineral esaslı dolgu ve takviye maddeleri kullanılmaktadır. Bunlar doğada bulunabileceği gibi sentetik olarak da elde edilmektedir. Bunun en iyi örneklerini odun plastik kompozitleri (OPK) oluşturmaktadır. OPK’lerin plastik malzemelere göre üstünlükleri; maliyetinin düşük, hammadde teminin kolaylığı olması, doğada nisbeten daha çabuk bozulduğu için çevre dostu olmasıdır. Ağaç malzemeye kıyasla üstünlükleri ise; yüksek boyutsal kararlılığa sahip olması, istenilen şekil, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri, fiziksel darbelere, mantar ve böcek tahribatına karşı daha dayanıklı olmaları, bakım ve yenileme masraflarının düşük olması, geri dönüşümlü (atık) malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir. Bütün bunlar, yeni bir sanayi kolu olmasına rağmen OPK üretimini dünyada en hızlı gelişen kompozit sektörlerinden biri haline getirmiş ve üretim 1.5 milyon ton/yıl’a ulaşmıştır.

Günümüzde enerji, hava kirliliği, çevresel faktörler, insan sağlığı ve maliyet gibi unsurlar nedeniyle doğal kaynaklar ve atıkların değerlendirilmesine ilgi giderek artmaktadır. Bu anlamda lignoselülozik yapıdaki tarımsal atık ve yıllık bitkiler ile orman ürünleri endüstrisi de oluşan atıkların değerlendirilmesi ayrı bir önem taşımaktadır. Odun plastik kompozitleri üzerine yapılan çalışmalar hızla artmakta ve kullanım alanları paralel şekilde genişletilmektedir. OPK endüstrisi, özellikle ABD ve Kanada başta olmak üzere diğer birçok dünya ülkelerinde plastik endüstrisi pazarının büyük bir kısmını ellinde tutmaya başlamıştır. OPK’ler dış cephe kaplama malzemeleri, oda içi paneller, pencere,

kapı doğraması, otomobil iç kısım parçaları ve diğer birçok değişik kaplamalı ürünlerde kullanılmaktadır. Odun plastik kompozitleri çoğunlukla polipropilen ve polietilen kullanılarak üretilirler. Dolgu maddesi olarak odun ununun yanı sıra; şeker kamışı, mısır koçanı, buğday sapı gibi değişik lignoselülozik yıllık bitki ve tarımsal atıklarda kullanılmaktadır. Bu dolguların ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, üretim esnasında makinede düşük aşınma ve proses ekipmanlarına daha az zarar vermeleri dikkate alındığında cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer inorganik dolgu maddelerinden daha uygun olduğu görülmektedir.

Ülkemizde orman endüstrisi ve endüstriyel yıllık bitkilerin atıkları henüz hiç bir endüstriyel alanda kullanılmamaktadır. Türkiye’de son beş yıl içerisinde yıllık ortalama %12,5 büyüme gerçekleştiren bir plastik üretim sektörünün varlığı düşünülecek olursa, ülkemizde OPK üretimi için gerekli şartların bulunduğu açıkça görülebilir. Atıl vaziyette olan yaklaşık 2 milyon ton orman endüstri ve 600 bin ton çay fabrikası atığı, bu malzemenin üretim için iyi bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, lignoselülozik dolgu maddesi olarak; orta yoğunluklu liflevhaların (MDF) zımparalanması sonucu oluşan tozlar ve çay fabrikası atıkları, termoplastik polimer olarak da yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen kullanılmıştır. Dört aşamalı olarak gerçekleştirilen çalışma; iyi bir OPK üretimi için ihtiyaç duyulan matris içerisindeki lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranı, önemli göreve sahip olan birleştirici (coupling agent) kimyasallarının miktarları ve yangın geciktirici kimyasalların kullanım oranlarının belirlenmesini amaçlamıştır. Belirlenen dolgu ve kimyasal madde miktarlarına göre laboratuvar şartlarında kompozit malzemelerin üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen bu malzemelerin fiziksel, mekanik, morfolojik, ısı ve biyolojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca ticari reçeteler kullanılarak; çay fabrikası atıkları, MDF zımpara tozu ve termoplastik polimerlerden endüstriyel boyutta üretimler gerçekleştirilmiş ve üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

1.2. Odun Plastik Kompozitlerinin Tanımı

Odun-plastik kompoziti (OPK) lignoselülozik malzeme ile plastiklerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir isimdir. Buradaki “odun” kelimesi odun parçası gibi dar bir anlamda değil lifsel yapıya sahip bütün tarımsal atıklar ve odunsu

materyali kapsamaktadır. OPK üretiminde lifler ya da un haline getirilmiş malzeme kullanılmaktadır.

OPK endüstrilerinin yapısı son yıllarda şaşırtıcı biçimde değişim göstermiştir. OPK ürünlerinin gelişimini etkileyen belirsizlikler; tecrübe kazanımı, odunsu materyallerin üretime hazır hale getirilmesi, üretim araçlarının geliştirilmesi, katkı maddelerinin belirlenmesi ve temin edilmesi, yeni pazarlara giriş için elverişli zamanın değerlendirilmesi ve özellikle geniş hacimli yapıların uygulama alanlarında kullanımıyla giderilebilmiştir.

Orman ürünleri endüstrilerinin pazar payı gün geçtikçe büyümektedir. Tüketici ilgisine bağlı olarak artışın; odunun dayanma direncini arttıran OPK ürünlerin gelişimi hızla artmıştır. Bu durum bazı orman ürünleri endüstrilerinin OPK esaslı ürünleri üretme ve satışına yönelmesini sağlamıştır. Bu girişim müşteri talebiyle sürdürülmekte olup, inşaat ürünlerindeki endüstriyel gelişimle desteklenmektedir. Günümüzde bu ürün büyük bir pazar payı bulmuştur ve artış devam etmektedir (Youngquist, 1995).

1.3. Odun Plastik Kompozitlerin Tarihi Gelişimi

İlk odun-plastik kompozitinin (OPK) Belçikalı kimyacı Leo Beakeland tarafından 1907 yılında fenol formaldehit ve odun tozundan üretilen ve “Bakalit” olarak isimlendirilen ürün olduğu söylenilebilir. İlk ticari ürün vites kolu olarak 1916’da Rolls Royce tarafından gerçekleştirilmiştir (Gordon, 1988). Termoplastikler ile odun parçacıklarını karıştırarak ekstrüzyon yöntemiyle OPK üretimi ise; 1920’li yıllarda İtalya’da patentleşmiştir. Bu kompozitler dünya literatüründe Wood-Plastic Composites (WPC) olarak adlandırılmakta ve odun termoplastikleri olarak incelenmektedir (Clemons, 2002).

İlk üretim ve patentlerin Avrupa’da gerçekleşmesine karşın kitle üretimi açısından Amerika’da son zamanlarda büyük bir gelişme sağlanmıştır. AB ve ABD’deki PVC profil ve doğrama araştırmacıları ve şirketler 1980’lerde; Odun ve plastiğin tek başına kullanılması ile meydana gelen olumsuzlukları iyileştirmek, maliyeti düşürmek, sıcaklığın etkisiyle meydana gelen kimyasal yapıdaki bozulma oranını azaltmak, atklara endüstriyel değer kazandırmak gibi amaçlarla plastik endüstrisinde lignoselülozik hammaddeler kullanmaya başlamışlardır. 1983 yılında Amerika’nın Woodstock şirketi, Lear Corpo’nun üretimini sürdüren Sheboygan birimi, Wisconsin’de İtalyan giydirme teknolojisinden yararlanarak, yaklaşık %50 odun tozu ve %50 propilen kullanılarak yatay kalıplara döküm

yöntemiyle değişik biçimlerde şekillendirilebilen otomotiv içi donanım üretimini gerçekleştirmektedir (Schut, 1999).

1990'lı yıllardan itibaren OPK'ler özellikle yapı için kereste üreten önemli sektörlerden biri haline gelmiştir. Advanced Environmental Recycling Technologies (AERT) ve Trex, Mobil Chemical Company (MMC)'nin bir kısmı polietilene yaklaşık %50 odun lifi ilave ederek dayanıklı OPK'nın üretimine başlamışlardır. Strandex Corporation (SC), yüksek odun lifi içeren son ürün üretimleri için uygun bir teknolojinin patentini almıştır. 1996'da birçok Amerikan şirketi, odun veya diğer doğal lifler ile plastiği kullanarak yuvarlak top şeklindeki pelletlerin üretimine başlamış ve kendi odunsu materyallerini öğretmeyi istemeyen üreticiler için karışım pelletlerini kullanıma sunmuşlardır (Youngquist, 1995; Eckert, 2000; Clemons, 2002).

Plastik sektöründeki bu değişim plastik matrisi içerisine, üretilen malzemenin fiziksel ve/veya mekanik özelliklerini artırmak ya da maliyetini düşürmek amacıyla ilave edilen mika, talk, kalsiyum karbonat, sentetik elyaf ve kil gibi inorganik katkı materyalleri yerine, daha ucuz, düşük yoğunluklu ve daha yumuşak yapıları dolayısıyla aşınmaya sebep olmayan odun parçacıklarının kullanılmasına imkân vermiştir (Balatinecz ve Woodhams 1993; Simkovic, 1999; Wolcott ve Englund, 1999; Pickering ve Murray, 1999; Clemons, 2002; Mengeloglu ve Matuana, 2003; Wolcott ve Smith, 2004; Pervaiz ve Sain, 2004).

1.3.1. Dünyada Odun Plastik Kompozit Üretimi ve Kullanım Alanları

İlk kez 2001 de yayınlanan dünya OPK pazarı raporunun ikincisi 2007 yapılmıştır. Bu rapora göre; 20 ülkede 199 OPK üreticisi bulunmakta ve odun plastik kompozit talebi gün geçtikçe artmaktadır (Eder v.d., 2007)

2011 verilerine göre; OPK üretimi dünyada yıllık 1.5 milyon tonun üzerindedir. Kuzey Amerika yaklaşık 1 milyon ton ile birinci sırada yer alırken, Çin 200 bin ton ile ikinci sırada ve Japonya 100 bin ton üretimle 3 sırada yer almaktadır.

Almanya yaklaşık 70 bin ton üretim ve OPK makine teknolojileri ile Avrupa'da lider konumdadır. Almanya'da OPK'ların ana kullanım alanları, otomobil iç döşeme malzemeleri ve dış mekân döşeme malzemeleridir. Avrupa'da OPK pazarının 2014 yılına kadar ortalama büyüme hızının % 15 kadar artacağı beklenilmektedir. 2008 ve 2009 yıllarında küresel krizden tüm polimer pazarı kötü yönde etkilenirken, Avrupa polimer sanayi büyük bir yükseliş yaşamıştır. Fakat OPK talebinde herhangi bir artış

gözlenmemiştir (URL1, 2011). Japonya da ise poliolefin esaslı OPK üretimi artmıştır. 50/50 oranında odun unu/PVC den üretilen OPK'lar Japonya'da en yaygın kullanılan üretim tipi olmuştur. Çin'de ise OPK kullanım alanı çok daha geniş olup, son yıllarda %30'luk bir büyüme gözlenmiştir. Pencere ve kapı doğramaları, ısı yalıtımlı sistemler, bank, bahçe kulübeleri, güneş koruma sistemleri OPK'dan yapılmaktadır. Hammadde olarak odun ununun yanı sıra diğer lignoselülozik tarımsal atıklar da kullanılmaktadır. Dünyadaki OPK üretiminin 2011'den 2015'e kadar yıllık 5 milyon tonu bulması beklenmektedir (URL1, 2011).

1.4. Odun Plastik Kompozitlerinde Kullanılan Hammaddeler

1.4.1. Odunsu Materyal

Odun plastik kompozitlerinde öncelikli olarak; çam, akça ağaç ve meşe olmak üzere pek çok ağaç türü kullanılmaktadır. Günümüzde ağaç türü seçimi sahip olduğu özelliklerden ziyade mevcudiyet durumuna göre belirlenmektedir.

OPK endüstrisinde selülüz esaslı dolgu malzemeleri tanecikler (odun tozu) ve lifsel malzemeler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılabilir. Fazlar arası bağlanma yüksek ise toz partiküller dolgu ya da güçlendiriciler olarak kullanılmaktadırlar. Toz parçacıklar hemen hemen bütün yönlerde eşit boyutlara sahiptirler ve şekil verilebilir yapıdadırlar. Lifler ise güçlendirici olarak düşünülebilir. Çünkü lifsel maddeler uygulanan yükün çoğuna dayanmakta olup, uzunlukları genişliğinden çok daha büyüktür (Manson, 1976; Matthews ve Rawlings, 1994). Lif ve yongalar mekanik özellikleri artırmak için kullanılabilirler. Fakat daha çok polimer kullanımını azaltmak amacıyla hacim artırıcı olarak kullanılırlar. Ayrıca kompozitin sertlik ve direncini artırmak için de ilave edilirler. Bu küçük boyutlu malzemeler plastik endüstrisinde kullanılan üretim akışına entegre edilir (Gökalp, 2006).

1.4.1.1. Odun Esaslı Levha Sanayi Atıkları

Odun plastik kompoziti üretiminde odun esaslı levha sanayinde üretim sırasında açığa çıkan tozlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Alderman 1998; Clemons, 2002;

Kylosov, 2007, Mengeloğlu ve Kabakçı, 2008; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008). Bunların başında testere tozu, elek altı odun unları, kesme atıkları direk olarak kullanılabilir. Bu tozlar, yonga levha ve MDF üretimlerinde tutkalın homojen olarak dağılımını engelleyecekleri için çoğunlukla yeniden kullanılmazlar. Nadiren üst tabaka yongalarına az miktarda katılır ve genellikle yakma ünitelerinde yakılarak değerlendirilirler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Düşük maliyeti, oduna oranla hacim yoğunluğunun yüksek olması, kolay temin edilmesi gibi özelliklere sahip olması odun unlarını, OPK üretimlerinde aranılan bir hammadde haline getirmiştir (Clemons, 2002, Lee v.d., 2004). Ticari olarak plastiğe oranla % 40-70'e kadar kullanımları mümkündür (Li ve Yan, 2007).

Odun esaslı levhalarda üretim sırasında oluşan tozların değerlendirilebiliyor olması, üretilen levhaların zımparalanması ile açığa çıkan tozların da değerlendirilebilirliğini gündeme getirmiştir (Dönmez Çavdar v.d., 2010).

1.4.1.1.1. MDF Zımpara Tozu

Yarı mamül olan MDF levhaları üretimlerinden sonra kaplanmadan ya da satışa sunulmadan önce zımparalama işlemine tabi tutulmaktadırlar. Levhaların yoğunluk ve kalınlıklarına göre açığa çıkan toz miktarları değişmektedir. Örnek olarak bu çalışma için seçilen bir fabrikada bir yılda oluşan aynı zamanda hammadde olarak bu çalışmada da kullanılan zımpara toz miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Seçilen endüstriyel şirketin MDF tesisinde oluşan 2010 yılı zımpara toz miktarı ve % değerleri

MDF Kalınlığı (mm)	MDF Yoğunluğu (kg / m ³)	Yıllık MDF Üretimi (m ³ / yıl)	Zımpara Tozu Miktarı (kg / yıl)	Zımpara Tozu Oranı (% / yıl)	Zımpara Tozu Üretim Yüzdesi (% / yıl)
4>	840	1291.75	133925.4	12.12	1.07
6	840	3955.83	229438.6	7.28	1.84
8	820	9189.82	529049.1	7.01	4.24
	870 (HDF)	79426.39	3586753.0	5.21	28.75
10-12	820	6667.32	295822.7	5.52	2.37
14	760	165.81	6194.0	5.12	0.05
16-18	740	213229.74	7695568.0	4.80	61.68
30	710	13.58	400.4	4.15	0.00
TOPLAM		313940.2	12477151.0		100

Tablo 1’de verilen değerlere göre levha üretiminde ortalama %4-12 arasında zımpara tozu oluşmaktadır. Şirkette yılda üretilen 314 bin m³ MDF üretiminde yaklaşık 12.500 ton zımpara tozu oluşmaktadır. Şirketin Hammadde Direktörü tarafından sunulan rapora göre ülkemizde yıllık 5 milyon m³ MDF üretimi gerçekleşmektedir. Bu veriler dikkate alındığında tahmini olarak ülkemizde yıllık 390 bin ton zımpara tozu oluşmaktadır (Özbaş, 2011).

1.4.1.2. Diğer Lignoselülozik Hammaddeler

1.4.1.2.1. Tarımsal Atıklar

Lignoselülozik maddeler temel olarak selüloz, hemiselüloz ve lignin oluşmaktadır. Hemiselülozik ve selülozik kısımlar glukoz, mannoz, galaktoz, ksiloz ve arabinozdan oluşan monosakkaritleri içerirler ve bileşimleri tamamen hammaddenin doğasına bağlıdır (Beyatlı, 1996).

Bir tarım ülkesi olan Türkiye’de tarım ürünlerinin hasadı sonrasında oldukça büyük miktarda ortaya çıkan lignoselülozik atıklar potansiyel bir kaynak oluşturmaktadır. Tablo 2’de çeşitli tarım ürünlerinin 2010 yılı üretim verileri görülmektedir.

Tablo 2. Türkiye’de çeşitli tarım ürünlerinin 2010 yılı üretim verileri ve bazı tarımsal ürünlere ait atık miktarları (ton)

Tarımsal Üretim Miktarı	2010 (ton)
Antep Fıstığı	128,000.00
Arpa	7,240,000.00 / 6,298,800.00*
Ayçiçeği	1,320,000.00
Badem	39,000.00
Buğday	19,660,000.00 / 18,677,000.00*
Ceviz	178,142.00
Çay	1,305,566.00
Fındık	600,000.00
Mısır	4,310,000.00 / 3,922,100.00*
Pamuk	2,150,000.00 / 3,934,500.00*
Soya	55,011.00
Şekerpancarı	17,942,108.00
Tütün	55,000.00
Yerfıstığı	98,188.00

* Hasat indeksine göre hesaplanan tarımsal atık miktarları (Deniz v.d., 2009)

2010 TUIK verilerine bakıldığında üretim miktarlarına paralel olarak büyük miktarda tarımsal atık oluşmaktadır. Ülkemizin toplam tarımsal atık miktarı kuru bazda ortalama yıllık 43-50 milyon ton arasındadır (URL 2, 2011). Dünyada tarımsal atıklardan yıllık 2×10^{11} ton lignoselülozik hammadde elde edilmektedir. Bu atıkların değerlendirilmesinin rasyonel bir biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Mohanty v.d., 2000; Redy ve Yang, 2005).

Lignoselülozik özellikteki tarımsal atıklar, farklı endüstri kollarında kullanılma potansiyeline sahiptir. Bunlardan en önemlisi orman endüstri (levha ürünleri, kağıt vb.) sektörüdür. Bu sanayi kolunda tarımsal atıklardan lifler ya da onların polimer-kompozit üretiminde değerlendirilmesi sağlanabilmektedir (Sanadi v.d. 1997; Mengeloğlu ve Alma, 2004). Polimer-kompozit üretiminde çok değişik türlerden (buğday sapları, keten, kendir, kenevir, jüt gibi tarımsal atıklardan) elde edilen unlar dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Bu lignoselülozik hammaddelerin geri dönüşümü sağlanarak polimer-kompozit üretiminde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Yang v.d., 2005a; Mengeloğlu, 2006; Panthapulakkal ve Sain, 2007; Mishra ve Sain, 2009; Ahankari v.d., 2011).

1.4.1.2.1.1. Çay

1.4.1.2.1.1.1. Türkiye’de ve Dünyada Çay Üretimi

Çay, ilk kez doğada yabani olarak yetişen çay bitkisinin yapraklarının işlenmesiyle hazırlanmıştır. Çayın anavatanı çeşitli kaynaklarda Çin ve Hindistan olarak kabul edilmekte, 5000 bin yıllık geçmişe dayandığı düşünülmektedir. Çay tüketim alışkanlığının 16. yüzyıldan itibaren Avrupa ülkelerine ve oradan da tüm dünyaya yayıldığı bilinmektedir.

Türkiye’de çay tarımının başlangıcı 1917 yılına kadar uzanmaktadır. 1924 yılında 407 sayılı Kanun çıkarılmış ve Rize ili ve Borçka ilçesinde çay yetiştirilmesi konusunda çalışmalar başlatılmıştır (Çaykur, 2008).

İlk çay fabrikası, 1947 yılında, 60 ton/gün kapasiteli, Rize Fener Mahallesi, Merkez Çay Fabrikası adı altında işletmeye açılmıştır. Çay tarım alanlarının ve yaş çay yaprağı üretiminin artması çay işleme fabrikalarının sayısının da giderek artmasını zorunlu kılmış ve bu gün itibarıyla yaş çay işleme fabrikası sayısı 46’ya ulaşmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan çay tarımı, ülkemizin tek başına kuru çay ihtiyacını karşılamaktadır. Ülkemizde yılda 225 bin ton kuru çay tüketildiği tahmin edilmektedir. Bunun 100-120 bin tonu ÇAY-KUR tarafından üretilmektedir (Çaykur, 2008). 2010 yılında, yaklaşık 758,513 dekarlık alanda toplam 1,305,566.00 ton yaş çay üretimi gerçekleştirilmiştir.

FAO'nun 2009 yılı verilerine göre dünyada çay üretimi 3.885.302 ton'a ulaşmıştır. En fazla çay üreten ve ekili alana sahip olan ülkeler, sırası ile Hindistan ve Çin'dir. Bu üretimin % 82'si Asya, % 15'i Afrika, % 3'ü ise Amerika, Okyanusya ve Avrupa kıtalarında gerçekleştirilmektedir. Dünyada 34 ülkede yaklaşık 2 648 000 hektar alanda çay tarımı yapılmaktadır. Bu alanın % 89'u Asya % 9,2'si Afrika kıtasında kalan % 1.5'lük kısmı ise Güney Amerika'da ve Okyanusya'da bulunmaktadır. Çin tek başına dünya çay plantasyon sahasının % 43'üne sahiptir. Çin'i daha sonra sırasıyla Hindistan, Sri Lanka, Endonezya, Kenya ve Türkiye takip etmektedir.

Yetiştiricilik alanı bakımından 7. üretim miktarı bakımından 6. sırada olan Türkiye, tüketim miktarında üretici ülkeler içinde Çin ve Hindistan'dan sonra 3. sırada, net ithalatçı ülkeler içinde ise AB'nden sonra ikinci sırada yer alır. Tüketimin büyük bir bölümü yerli üretim ile karşılanmaktadır. İhracat ve ithalat seviyesi ise oldukça düşüktür. Kişi başına tüketim miktarı son yıllarda 3 kg/yılı aşmaktadır (Çaykur,2008).

1.4.1.2.1.1.2. Çay Fabrikası Atığının Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Değerlendirilecek çay fabrikası atık miktarı, çay ürününün fiziki durumuna, işletme tekniği ve teknolojisine bağlı olarak değişmekle birlikte, imal edilen kuru çayın % 7'sini oluşturur. Bu oran bazen % 15'e kadar çıkabilmektedir. Devlete ait çay yaprağı işleyen fabrikalarda yılda yaklaşık olarak 20.000 tonun üzerinde çay atığı çıkmaktadır. Bölgedeki kişi ve özel kuruluşlara ait fabrikalar da göz önüne alındığında bu rakam 30.000 tona yaklaşmaktadır. Bu veriler göz önüne alındığında Türkiye'de çay fabrikası atıklarının değerlendirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Çaykur, 2008).

Çay atığı %30.2 selüloz, %19.9 hemiselüloz ve %40 lignin içermektedir. Lignoselülozik bir materyal olması çay fabrikası atıklarının yongalevha endüstrisinde, oduna alternatif bir hammadde olarak kullanımını mümkün kılmıştır (Küçükayvuz 2004; Örs ve Kalaycıoğlu, 1991; Cındık 1992). Bunun yanı sıra çay fabrikası atıklarından enerji, yakıt üretimi (Uzun v.d.,2010; Demirbaş, 1999), doğal gübre (İmik v.d. 2002, Kütük,

2000), antioksidant (Toh v.d., 2010), adsorbent (Ahmaruzzaman ve Laxmi Gayatri, 2010), biyosorbent (Malkoç ve Nuhoglu, 2007) ve kafein üretimi (Gürü ve İcen, 2004) gibi alanlarda da değerlendirilebilme olanakları araştırılmaktadır.

Çay fabrikası atıklarının enerji kaynağı, doğal gübre, ya da termoset esaslı kompozit levha üretimi için hammadde olarak kullanılabilirliği üzerine yapılan çeşitli çalışmaları olmasına rağmen, termoplastik esaslı kompozitler (OPK) için dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği üzerine geniş çaplı bir araştırmaya henüz rastlanılmamıştır (Dönmez Çavdar v.d., 2011).

1.4.2. Plastikler

Plastikler, normal sıcaklıkta genellikle katı halde bulunan, basınç ve ısı kullanılarak mekanik yöntemlerle şekillendirilebilen veya kalıplanabilen organik polimerik maddelerdir (Hüner, 2008).

1.4.2.1. Plastiğin Tarihi Gelişimi ve Dünya Plastik Üretimi

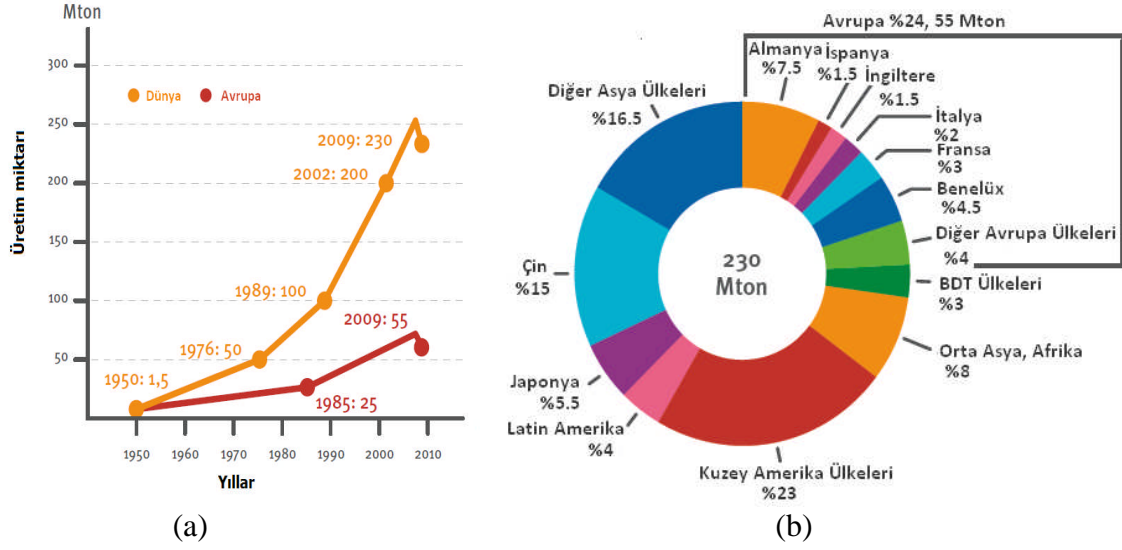
Eski tarihlerde kullanılan polimerik malzemelerin başında selüloz, nişasta, doğal kauçuk vb. gibi doğal polimerler gelir. Doğal polimerler, işlenme zorluğu ve bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerin yetersizliğinden dolayı, yerlerini yarı sentetik ve daha sonra da sentetik polimerlere terk etmişlerdir. İlk polimer malzemesi 1868'de J. Hyatt tarafından keşfedilen selüloittir. Yarı sentetik bir polimer olan selüloit pamuk selülozundan elde edilmiştir. Ancak modern plastik üretiminde endüstrileşme, L.Baekeland tarafından bakalitin sanayi çapında üretilmesiyle 1909'da başlar. Fenol formaldehit reçinesi olan bakalit telefon ahizeleri gibi plastik ürünlerin yapımında kullanılmıştır. Bunu 1917'de I. Dünya Savaşı esnasında Alman kimyacıları tarafından dimetil butadien'den suni kauçuğun keşfi takip eder. Bütün bu buluşlar polimer yapıları hakkında kesin bilgiler olmadan gerçekleştirilmiştir. 1924'e kadar, polimer yapılarının "koloit agrega" halinde bulunan küçük moleküllerin oluştuğu sanılırdı. H. Staudinger yaptığı büyük çapta incelemelerin sonucu olarak, plastiklerin zincir şeklinde makro moleküllerden oluştuğunu ve bu moleküllerin birbiriyle kovalent bağlanan küçük ünitelerden meydana geldiğini göstermiştir. Bu fikre dayanarak polimer sanayiye hızla gelişmiş ve 1927'de selüloz asetat

ve polivinilklorür, 1928'de polimetilmetakrilat 1929'da üre formaldehit reçineleri elde edilmiştir. Bunları daha sonra 1932'de polietilen (R.O. Gibson ve J. Swallow), 1934'te naylon (W. Carothers), poliakrilonitril, stirenakrilonitril ve polivinilasetat, 1937'de poliüretan (R.J. Plunkett), 1938'de teflon ticari adıyla tanınan politetrafloretilen, 1941'de polietilentetraftalat (Y.R. Whinfield ve J.T. Dickinson), 1942 poliester ve Orlon ticari adıyla tanınan poliakrilfiber takip etmiştir.

Kauçuk üretiminde, 1931'de sentetik bir kauçuk olan Neopren (Dupren) kauçuğu ve sonraki yıllarda stiren-bütadien kopolimeri (SBR sentetik kauçuğu) üreilmeye başlanmıştır. II. dünya savaşına kadar düzensiz ve aralıklı olarak gelişen polimer malzemeleri ve bilimi, bu tarihten sonra hızlı ve önemli bir gelişme göstermiştir. Günümüzde kimyasal bakımdan birbirinden farklı olan birçok polimer, yüzlerce bileşik ve binlerce ürün bulunmaktadır. II. Dünya savaşından sonraki polimer elde edilmesine örnek olarak 1947'de epoksi reçineleri, 1948'de akrilonitril butadien-stiren terpolimeri (ABS), 1954'de polikarbonat ve 1958'de poliasetat verilebilir. Son yıllarda poliimid, poliarilsülfon, poliarilamid, polifenilsülfid, polietereterketon, polifenil vb. gibi yüksek mekanik ve teknik özelliklere sahip plastikler sentez edilmiştir (Akkurt, 2007).

Plastiklerin gelişiminde önemli bir aşama, bu malzemenin cam, grafit ve karbon elyafları ile karıştırılarak kuvvetlendirilmiş plastiklerin elde edilmesidir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri, metallerin seviyesine ulaşmakta ve birçok uygulama alanında plastikler metallere rakip olmaktadır (Akkurt, 2007, URL 3, 2011).

Şekil 1'de 1950-2009 yılları arasında dünyada ve Avrupa'daki plastik üretimi ve ülkelere göre üretim yüzdeleri verilmiştir. 1950-2009'luk süreçte plastik üretiminin yıllara göre doğrusal olarak arttığı gözlenmiştir. 1950 yılında 1.5 Mton (milyon ton) olan plastik üretimi 2009 yılında 230 Mton'a ulaşmıştır. Avrupa plastik üretiminde ise 1985 yılında 25 Mton olan plastik üretimi 2009 yılında 55 Mton'a ulaşmıştır. 2009 yılı verilerine göre dünya plastik üretiminin %23'ü Kuzey Amerika ülkelerinde, %24.5'i Avrupa ülkelerinde, üretilirken, %15 i Çin'de, %5.5'i Japonya'da gerçekleşmiştir. Günümüzde plastik endüstrisinin ciddi bir pazar potansiyeline sahip olduğunu söylemek mümkündür (URL 4, 2011).



Şekil 1. (a) 1950-2009 yılları arasında Avrupa ve dünyada plastik üretimi, (b) 2009 yılı dünya plastik üretiminin ülkelere göre % dağılımı verilmiştir (URL4, 2011).

1.4.2.2. Plastiklerin Genel Özellikleri

1.4.2.2.1. Görünüm

Plastiklerin çoğu renksizdir. Bu yüzden istenilen rengi elde etmek için renk verici maddeler kullanılır. Pigmentlerle opal görünüş elde edildiği gibi çözünür organik boya ile şeffaf bir görünüş de elde edilebilir (Akkurt, 2007; Rosato, 2011; URL3, 2011).

1.4.2.2.2. Yüzey Özelliği

Plastik malzemelerin bir dezavantajı, yüzeylerin yumuşaklığı ve çizilmeye karşı direncinin az olmasıdır. Plastikler cam, seramik ve metallerle göre daha yumuşaktırlar. Opak, renklendirilmiş plastikler, yüzeyi boya ile kaplanmış plastiklerden daha serttirler (Mills, 2005; Akkurt, 2007; Rosato, 2011).

1.4.2.2.3. Yoğunluğu

Plastik malzemeler üstün özelliklerinden birisi de, odun hariç diğer tüm malzemelere göre daha düşük ağırlığa sahip olmalarıdır. Plastiklerin yoğunluğu $0.9-2.5\text{g/cm}^3$ arasında değişmektedir (Crawford, 2001; URL 5, 2011).

1.4.2.2.4. Isıl Özellikler

Plastiklerin en önemli ısıl özelliklerinden biri ısıl iletkenliğidir. Genellikle plastiklerin ısıl iletkenliği çok düşüktür. Polimerler zincirlerindeki atom hareketleriyle fazla miktarda ısı absorpsiyonu yapabildikleri için ısıyı iyi iletmezler. Isıl iletkenlikleri seramikler ve metaller arasındadır. Plastiklerin ısıl kararlılığı da önemli bir faktördür. Genellikle termoplastikler yük uygulanmadığı zaman (kendi ağırlıkları altında) $65-120^\circ\text{C}$ da, bazı çeşitleri ise 260°C gibi yüksek sıcaklıklarda bozulurlar. Bu yüzden yüksek sıcaklıklarda düşük bir yük altında kullanılmalıdırlar (Mills, 2005; Akkurt, 2007).

Termosetler daha sert ve ısıya daha dayanıklıdırlar. Sıcaklık artarsa belirli bir sıcaklığa kadar ısıl kararlılık gösterebilirler de yüksek sıcaklıklarda kömürleşir ve bozulurlar. Genellikle termosetler $150^\circ\text{C} -230^\circ\text{C}$ arasındaki sıcaklığa kadar ısıl kararlılığa sahiptirler (URL 5, 2011).

1.4.2.2.5. Kimyasal Özellikler

Plastikler, metal malzemelere göre kimyasal bozundurucu ajanlara daha dayanıklıdırlar. Örneğin, termoplastikler zayıf asit, alkali ve tuzların sulu çözeltilerinden etkilenmezler. Polietilen ve polipropilen asit depolama kabı imalinde kullanılmaktadır. Politetrafluoretilen gibi fluor içeren plastikler kimyasal olarak aktif olmayan (inert) malzemelerdir. Diğer taraftan, termoplastiklerin çoğu organik çözücülerin etkisi altında çözünme veya şişme gösterirler ve kuvvetli asit veya alkalilerden etkilenirler (Lampman, 2003; Mills, 2005; Akkurt, 2007; Rosato, 2011)

1.4.2.2.6. Alevlenme (Yanma) Özellikleri

Plastikler direkt aleve karşı çok hassastırlar (Lampman, 2003). Genellikle termoplastiklerin çoğu alev veya aşırı ısı ile temas ettikten sonra kullanılmaz hale gelirler. Klor içeren bazı plastik malzemelerin (PVC) yanması sırasında “dioksin” denilen oldukça zehirli bir madde açığa çıkabilmektedir (URL 6, 2011). Bu anlamda yanmanın kontrol altına alınabilmesi ve yanan plastiklerin yanma hızının yavaşlatılabilmesi için yangın geciktirici kimyasallar (yanmadan koruyan madde) kullanılmaktadır. Bununla beraber, birçok plastik, alev uzaklaştırıldıktan sonra yanmaya devam etmez (Mouritz ve Gibson, 2006).

1.4.2.2.7. Hava Etkisi ile Bozulma

Polimerlerin zamanla yıpranmasına malzemenin kimyasal bozunması neden olmaktadır. Bu bir veya birçok faktörün etkisi altında meydana gelmektedir. Bunların arasında en önemli olanlar; termik, mekanik, fotokimyasal, radyasyon, biyolojik ve kimyasal faktörlerdir. Çoğu defa şartlar, farklı şekilde oluşan yıpranmaların aynı anda meydana gelmesini sağlar. Örneğin açıkta bulunan bir polimer, UV radyasyonu, oksijen ve atmosfer yayımlarının etkisine maruz kalmaktadır. Aynı şekilde, polimer, işleme esnasında yıpranma başlatabilen ısı, mekanik kuvvetler ve oksijenin etkisi altında bulunmaktadır (Massey, 2007; Rosato, 2011).

1.4.2.2.8. Elektriksel Özellikler

Genelde plastiklerin elektrik iletkenlikleri zayıftır. Polimerlerin elektrik iletmesi için yapıda serbest elektronlar veya serbest iyonların bulunması ve bunların yapı içinde hareket etmesi gereklidir. Polimerin yapısında zincirlerin sert ve bükülmez olması, zincirlerin birbirini kuvvetli etkilemesi, yüksek kristallik derecesi ve yönlendirme olayları elektronların serbest hareketlerini engellemekte ve plastiklerin düşük elektrik iletkenliğine neden olmaktadır (Lampman, 2003; Çağlarer, 2006; Rosato, 2011). Plastiklerin elektrik iletkenliği zamanla artar fakat sıcaklık ve nem ile azalır. Sıcaklığın artmasıyla elektriksel iletkenlik üstel bir şekilde artar.

1.4.2.2.9. Mekanik Özellikler

Plastikler, yumuşak (sünek), düşük sıcaklıkta plastik davranış, yüksek sıcaklıkta yüksek viskozite gösteren malzemelerdir. Plastiklerin en belirgin özellikleri, aynı anda hem elastik hem viskoz anlamına gelen viskoelastik bir davranış göstermeleridir. Viskoelastik davranış sürünme ve gevşeme (rölaksasyon) olmak üzere iki şekilde meydana gelmektedir. Buna göre sürünme bir gerilmenin etkisi altında, malzemenin sürekli olarak şekil değiştirmesi; gevşeme ise belirli bir şekil değiştirme halinde bulunan malzemede, gerilmelerin sürekli olarak azalması olarak ifade edilir (Akkurt, 2007).

1.4.2.3. Plastiklerin Sınıflandırması

Plastiklerin sınıflandırılması üç ana grupta yapılabilir.

- Termoplastikler
- Termosetler
- Elastomerler

1.4.2.3.1. Termoplastikler

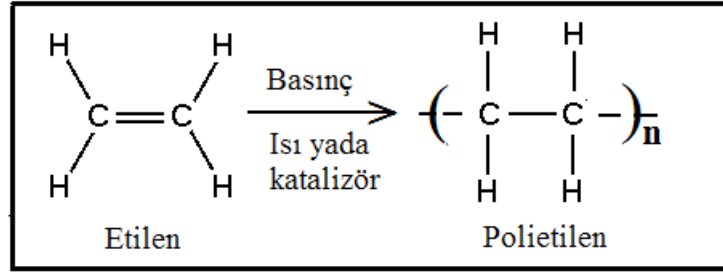
Isıtıldıkları zaman yumuşar ve akar, soğutulunca sertleşirler ve katılaşır. Bu olay termoplastikler için tekrar edilebilir bir özelliktir. Bu şekillendirme esnasında hiçbir kimyasal değişime uğramazlar. Genel de polimerizasyon adı verilen kimyasal işlemle elde edilirler (Biron, 2007). Poliolefinler, polistiren ve PVC OPK üretiminde yaygın olarak kullanılan termoplastikler arasında yer almaktadır (Kylosov, 2007).

1.4.2.3.1.1. Poliolefinler

Poliolefin aynı tür polimerlerden (homopolimer) meydana gelmiş bir polimer türü olup, propilen, butilen ve metil penten gibi monomerlerden elde edilir. Polietilen ve polipropilenler en önemli poliolefinlerdir (Kulshreshtha ve Talapatra, 2000; Biron, 2007).

1.4.2.3.1.1.1. Polietilen

En çok kullanılan termoplastik olan ve etilenin basınç altında ısı ya da bir katalizörün etkisiyle serbest radikal zincir polimerizasyonu sonucu elde edilen polietilenin (Şekil 2) çok değişik özellikleri vardır (Mills, 2005). Genellikle polietilenler; yarı kristal yapıda, tok, üstün elektriksel ve kimyasal özellikleri, düşük sürtünme katsayısı, sifıra yakın nem emme özelliği olan ve kolay işlenebilen polimerlerdir (Peacock, 2000; Crawford, 2001).



Şekil 2. Etilenin polimerizasyonu

Polietilenler yoğunluklarına göre alçak orta ve yüksek yoğunluk olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Polietilenlerin en önemli özellikleri arasında yoğunluk, erime akış indeksi ve molekül ağırlığı gelmektedir. Erime akış indeksi, molekül ağırlığının bir göstergesidir. Erime indeksi ortalama olarak molekül ağırlığı ile ters orantılıdır. Erime akış indeksi artarsa, yumuşama sıcaklığı azalır ve buna bağlı olarak da sertlik de azalır. Yüksek erime akış indeksi olan polietilenin molekül ağırlığı düşüktür. Yüksek molekül ağırlığı olan polietilen sert, çatlama ve kimyasal maddelere karşı dirençlidir. Fakat işlenmesi zordur (URL 7, 2011). Polietilenlerin yoğunluk ve erime akış indeks değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Polietilenlerin genel yoğunluk ve erime akış indeksleri (Klyosov, 2007).

Polietilen	Yoğunluk (g/m ³)	Erime Akış İndeks (g/10 dak)
Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE)	0.941-0.965	0.2-30
Orta yoğunluklu polietilen (OYPE)	0.926-0.940	1-20
Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE)	0.915-0.925	0.3-26
Lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE)	0.915-0.925	0.1-100

1.4.2.3.1.1.1.1. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)

Alçak yoğunluklu polietilen, etilenin 1.000 – 2.000 atmosfer basınç altında, 150 – 200°C arasında oksijen veya başka katalizlerin beraberinde ısıtılmasıyla polimerize edilir. Ana molekül zincirden ayrılan uzun yan zincirlere sahiptir. Bu yüzden amorf bölgeler diğer polietilenlere göre daha fazladır (Kylosov, 2007). İyi tokluk ve esneklik, düşük sıcaklıklarda darbe mukavemeti ve film şeklinde berraklık gibi özelliklere sahiptir. Ancak sıcaklığa karşı mukavemeti oldukça düşüktür. Oda sıcaklığında iyi kimyasal mukavemete sahip olan bu reçinenin kimyasal mukavemeti sıcaklığın artması ile azalır. AYPE'nin bir çeşidi lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE) dir. Bilhassa film şeklinde kullanılan bu polietilen darbe, yırtılma, sıcaklık ve çevre koşullarına daha dayanıklıdır.

1.4.2.3.1.1.1.2. Orta Yoğunluklu Polietilen (OYPE)

Orta yoğunluklu polietilen, AYPE'ye benzer özelliklere sahiptir. Saf etilenin yaklaşık 100-150°C'de ve 1.000 – 1.500 atmosfer basınç altında ve de oksijen varlığında polimerize edilmesi ile elde edilebilir (Akkurt, 2007).

1.4.2.3.1.1.1.3. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Yüksek yoğunluklu polietilenler, daha düşük basınç ve aynı zamanda 100°C'nin de altında ısıtılmakla ve bu amaçla kullanılan özel kataliz sistemlerinden yararlanılmak suretiyle polimerize edilirler. Bu koşullar altında polimerize olan molekül zincirleri daha az dallanır. Örneğin; her 1000 karbon atomunun yer aldığı düz zincirde ancak 4-5 dal meydana gelmiş olur. Polimer zincirleri bu prosesle daha iyi ve etkili bir biçimde paketlenerek kristalleşme oranını daha yükseltmiş olurlar. Bu durum polimerlerin fiziksel özelliklerini etkiler. Bu nedenle yoğunlukları yüksek basınç prosesi ile elde edilmiş olan OYPE ve AYPE polietilenlerden daha yüksek olur (Manap, 2007).

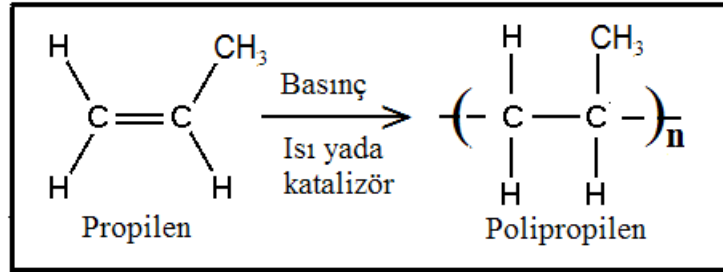
Yüksek yoğunluklu polietilen için kullanım sıcaklığı 25-40°C arasındadır. Çok uzun zincir halindeki yapıya sahip yüksek yoğunluklu polietilenler % 85-95 şeffaftır. Yoğunluk, şeffaflık ile ilgili olduğundan, yoğunluk arttıkça şeffaflık da artmakta, sertlik ve mukavemet artarken yumuşama sıcaklığı da yükselmektedir (URL 7, 2011).

Çok daha büyük rijitliğe ve çekme mukavemetine sahiptir. Darbe mukavemeti biraz daha düşüktür. Pratikte çeşitli istekleri karşılamak için molekül ağırlığı dağılımı geniş, orta ve dar alan çeşitleri imal edilir. Ayrıca iyi tokluğu ve dayanıklılığı olan yüksek moleküler ağırlığa sahip çeşitleri de vardır.

Genellikle polietilenler yüksek zorlama veya sıcaklıklara maruz kalan makine elemanlarının yapımında kullanılmazlar. Bunlar daha çok bavul, şişe, kap, bidon, torba ve mutfak eşyalarının yapımında kullanılırlar (Peacock, 2000).

1.4.2.3.1.1.2. Polipropilen (PP)

Polipropilen, petrol ürünlerinden elde edilen propilen monomerinin basınç altında katalizörler yardımıyla polimerizasyonu ile elde edilir. Polipropilen elyaftan filme kadar uygulaması olan çok yönlü bir termoplastiktir. Yapısında zincirdeki her bir karbona bağlı metil grubu bulunmaktadır. Propilenin polimerizasyon reaksiyonu Şekil 3'te gösterilmiştir (Mead ve Baker, 2006).



Sekil 3. Propilen polimerizasyonu

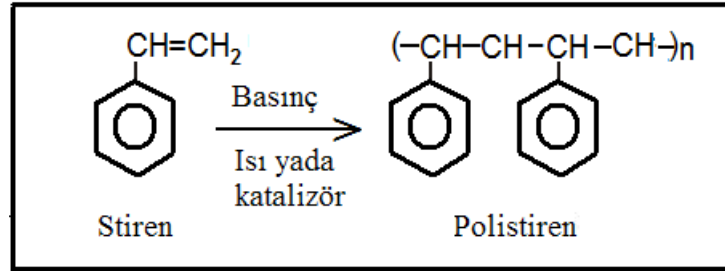
Polipropilen az doymuş veya doymamış lineer bir hidrokarbon polimer olup, izoaktik ve ataktik olmak üzere 2 grupta incelenir. İzoaktik polipropilen kristal yapıya sahip polimerdir, ataktik polipropilen ise amorf olup yapısı gelişi güzeldir. Polipropilenin özellikleri molekül ağırlığına bağlı olarak da değişmektedir. Molekül ağırlığı yüksek olan yumuşak, düşük molekül ağırlığı olan PP ise sert ve kırılgandır. Yüksek molekül ağırlığı olan polimerin ergime direnci yüksektir. Düşük molekül ağırlığına sahip olan polimerin ise daha akıcı ve yapısal özellikleri daha iyidir (Hüner, 2008; Mead ve Baker, 2006) .

Polipropilen, yarı saydam ve süt beyaz rengindedir. Ayrıca çok iyi boyanma kabiliyeti vardır. Genellikle malzemenin sınırlı ısıl, kimyasal ve elektriksel özellikleri ve

orta derecede mukavemeti vardır. Bu son özellikle cam elyafı ile kuvvetlendirme ile iyileştirilebilir. Polipropilenden üretilen parçaların ömrü 120°C’da 5 yıl, 110°C’da 10 yıldır. Polipropilenin saf, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş ve köpük çeşitleri vardır. Polipropilenin kuvvetlendirilmiş çeşidi ilaç, kozmetik ve besin alanında kutu, şişe, kap vb. parçaların; köpük çeşidi ise mobilya ve koltuk yastıklarının yapımında kullanılır (Maier ve Calafut, 1998).

1.4.2.3.1.1.3. Polistiren (PS)

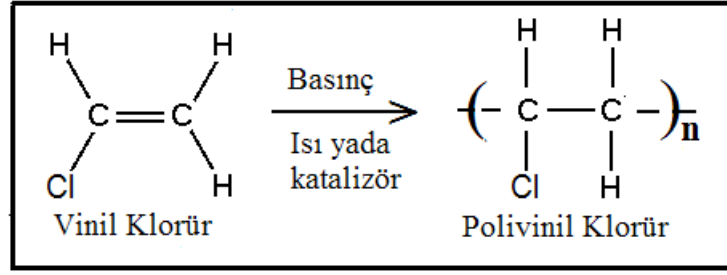
Amorf bir polimer olan polistirenler, stiren monomerlerinin polimerizasyonu yoluyla elde edilirler (Şekil 4). Polistirenin dikkat çeken özellikleri, berraklık, sertlik, kolay işlenebilme ve çok iyi boyanma kabiliyetidir. Bu özelliklere bağlı olarak polistirenler homopolimer ve kopolimer şeklinde imal edilir. Homopolimerler genel amaçlı; kopolimerler ise kristal berraklığında, cam ile kuvvetlendirilerek üretilirler (Akkurt, 2007).



Şekil 4. Stirenin polimerizasyonu

1.4.2.3.1.1.4. Polivinil Klorür (PVC)

Polivinil klorür, vinil klorür monomerlerinin polimerizasyonu sonucu elde edilir (Şekil 5). Vinil polimer ve kopolimerleri arasında en çok kullanılanıdır ve amorf plastiklerin başında gelir. PVC beyaz veya açık sarı renkli toz polimeridir. Normal PVC %53-55 klor içerir. Polivinil klorür 60°C sıcaklığa kadar işlenebilmektedir (Aydın, 2004). Yaklaşık olarak 80°C’de yumuşar. İleri derecede plastikleştirici katılmış polivinil klorür lastiğimsi kıvamdadır Isıtıldığında klorlanmış hidrokarbonlar tarafından çözünür (Hazer, 1993).



Şekil 5. Vinil klorür polimerizasyonu

PVC'ler; çeşitli yumuşatıcı, kuvvetlendirici, stabilizatör, darbe değiştirici ve yağlayıcı maddeler ile takviye edilerek değişik özelliklere sahip olarak elde edilir. Bu bakımdan rijit ve esnek olmak üzere iki önemli sınıf oluştururlar. Ayrıca saydam ve opak gibi çeşitleri de vardır. Bunun yanı sıra darbe ve yırtılma mukavemetleri, eğilme sıcaklığı ve işlenme kabiliyetini iyileştirmek için ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren), akrilik, poliüretan gibi polimerlerle harmanlanır. Bunlara ilaveten klorlanmış (CPVC) çeşidi de vardır. Polivinil klorür halojen içerdieğinden dolayı yanmaya karşı dirençlidir. Açık alevle temasa geldiğinde yanmamaktadır. Ancak klor gazı zehirlenmesi ihtimali söz konusudur (Hazer, 1993).

1.4.2.3.2. Termosetler

Termosetler ısı ile birlikte geri dönüşümsüz sertleşen ve bu halini koruyan polimer (reçine) yapılarıdır, küçük monomer moleküllerini uzun ve aralarında kuvvetli bağlar bulunan polimer molekülleri haline getiren kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşurlar. Bu reaksiyonların gerçekleşmesi için genellikle bir sertleştirici ve hızlandırıcı katılması, bazen de enerji verilmesi gerekir. Reçine önce jelleşir, daha sonra tam olarak sertleşir ve bozunmaz bir yapı oluşturur. Üç boyutlu kovalent bağlar bulundurması nedeniyle termosetler, oldukça serttirler. Polimerizasyon reaksiyonu tersinir olmadığından tekrar ısıtılıp yumuşatılamazlar. Yüksek sıcaklıklarda ise kovalent bağlar kopar ve malzeme giderek kömürleşir. Termosetler en yüksek mekanik ihtiyaçlar ya da yüksek sıcaklıklar gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Termosetler; epoksi, fenolik ve polyester gibi reçineler içerir. Fenolik reçineler odun esaslı levha endüstrisinde geniş bir alanda kullanılmaktadır. Polyester reçineler ise çok geniş bir alanda reçine sistemlerinde, bir kısmı

ise denizcilik endüstrisinde kullanılmaktadır (Goodman, 1999; Pizzi ve Mittal, 2003; Gökalp, 2006; Akkurt, 2007; Ratna, 2009).

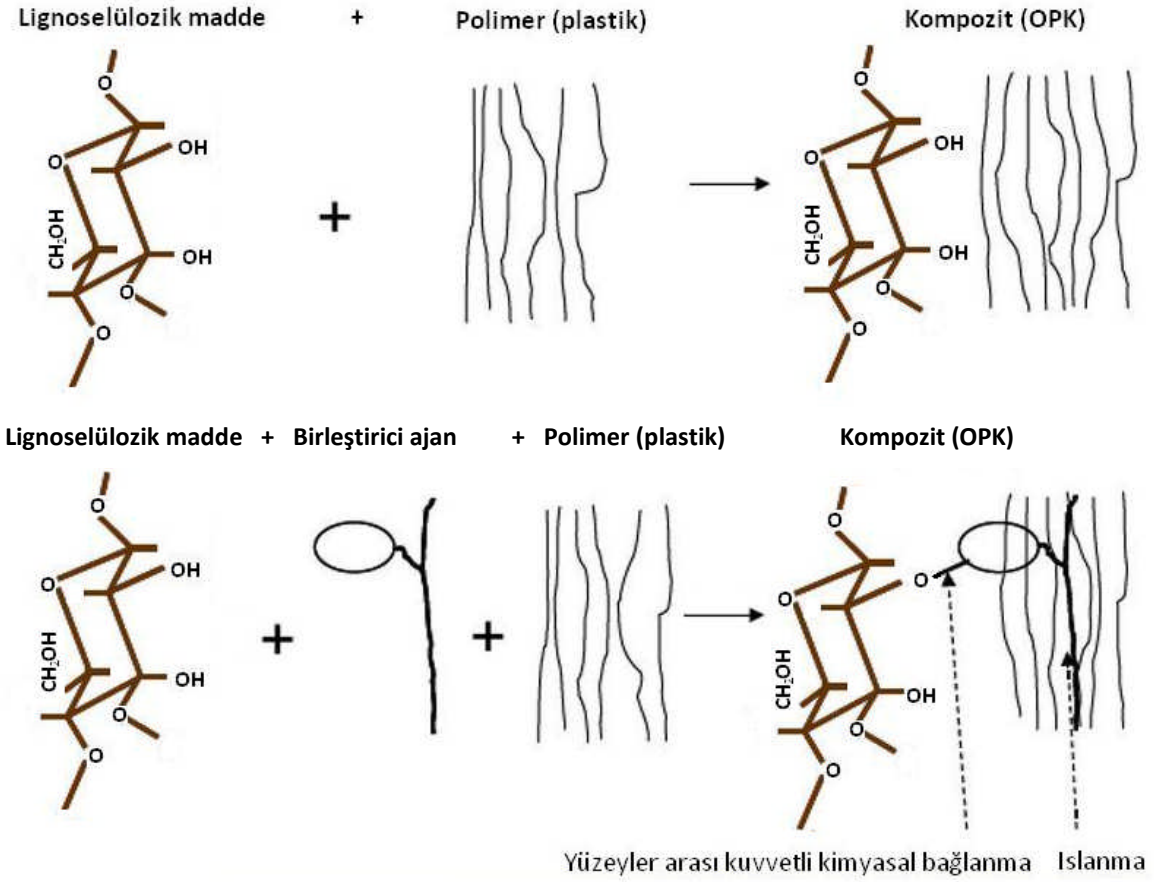
1.4.2.3.3. Elastomerler

Elastomer terimi kauçuk terimiyle birbirlerinin yerine kullanılabilirler. Elastomerler amorf yapılu polimerlerdir. Normal kullanım sıcaklıkları camı geçiş sıcaklıklarının üzerindedir (Mead ve Baker, 2006). Elastomerler (elastiki=yay gibi, meros=parça) eritilmez ve çözülmezler, ancak şişebilirler. Elastomerler hafif çapraz bağlantılıdır (yani çapraz bağlantılar ayırılmaz) ve bu nedenle oda sıcaklığında yumuşak, esnek bir durumda bulunurlar. Elastomerlere örnekler olarak otomobil lastikleri ve kauçuk contalar verilebilir (Hüner, 2008).

1.4.3. Odun Plastiklerin Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri

1.4.3.1. Birleştirici Kimyasallar (Coupling Agents)

Yeni gelişen ve kullanım alanları her geçen gün artan odun-plastik kompozit (OPK) üretimi çok basit ve sorunsuz bir üretim değildir. Odun lifi ya da unlarının plastik matrisi içerisine eklenmesi sonucunda elde edilen bu malzemelerin üretimindeki en önemli sorunlar iki ana başlıkta toplanabilir. Bunlardan birincisi, odun unu ya da liflerinin sıcaklık ve neme duyarlı olması ve ikincisi ise, hidrofilik yapıdaki odun lifi ile hidrofobik yapıya sahip olan plastik yüzeyi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan bağlanma problemleridir. Birleştirici; bir yandan hidrofilik lignozelülozik madde ile kimyasal bir bağ kurup, öte taraftan hidrofobik polimer zincirini ıslatıp ikisinin birbirine karışmasını sağlar. Şekil 6'da birleştiricilerin çalışma mekanizması gösterilmiştir (Oksman ve Lindberg, 1998; Zhang v.d., 2002; Yang v.d., 2007).



Şekil 6. OPK üretiminde kullanılan birleştiricilerin çalışma mekanizması (Yang v.d., 2007).

OPK'lerin odunun bozunma sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda üretilmesi durumunda birçok plastik için sıcaklık problem olmamaktadır. Rutubetin olumsuz etkisi ise, kullanılacak olan odun unu ya da liflerinin kurutma işlemine tabi tutulması sayesinde ortadan kaldırılmaktadır. Odun unu ve plastik arasındaki uyumsuzluk problemi konusunda birçok araştırma yapılmış olup, bu çalışmalarda odun unu yüzeylelerinin modifikasyon yoluyla hidrofobik bir yapıya dönüştürülmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır (Pritchard, 1998; Karakuş, 2008). Bu amaçla çeşitli birleştirici ajanlar kullanılmıştır. Bu ajanlar arasında en yaygın olarak kullanılan kimyasallar maleik anhidritle muamele edilmiş sentetik polimerlerdir. Uyumlaştırıcı kullanımı üzerine yapılan bir çok çalışmada sentetik polimerler ile aşlanmış maleik anhidritin lignoselülozik dolgu maddesi ile polimer matrisi arasında bir köprü görevi üstlendiği kanıtlanmıştır (Sanadi v.d., 1997; Lu v.d., 2000; San v.d., 2008). Aşlanmış maleik anhidritin molekül ağırlık ve miktarı, uyumlaştırmanın etkisi için önemli parametrelerdir. Polipropilen ile aşlanmış polipropilen/polietilen

(MAPP/MAPE) içinde bulunan maleik anhidrit asit baz etkileşimi gibi polar bir etkileşim sağlar ve lignoselülozik dolgu maddeleri üzerindeki hidroksil gruplarına kovalent bağ ile bağlanabilir (Felix v.d.,1993; Sanadi v.d., 1995; San v.d., 2008). Ancak tüm birleştiricileri OPK'ların performansı üzerinde aynı etkileşimi göstermemektedir. Bazı ticari uyumlaştırıcılar aynı zamanda akışkanlığı arttıracak bazı bileşik de barındırmaktadır. Bu bileşik OPK'nın akış özelliğini arttırabilir ve yüksek oranda kullanılması durumunda eğilme direnç değerlerinde olumsuz etkiye yol açabilir. Bu nedenle OPK üretim metoduna uygun birleştirici seçimine dikkat edilmesi gerekmektedir (Felix v.d.,1993; Sanadi v.d., 1995; San v.d., 2008).

1.4.3.1.1. Birleştiricilerin Sınıflandırılması

Birleştiriciler, kompozit malzemede bulunan dolgu maddesi ve polimer matrisi arasında bağlanmayı sağlayan kimyasal maddeler olarak tanımlanabilir. Birleştiriciler, organik, inorganik ve inorganik-organik gruplar olarak üç grupta sınıflandırılmaktadırlar. Organik ajanlara örnek olarak, izosiyanatlar, anhidritler, amidler, imidler, akrilatlar, klorotiyazinler, epoksiler, organik asitler, monomerler, polimerler ve kopolimerler sayılabilir. OPK için kullanılan inorganik ajanlar için sadece silikatlar, organik-inorganik ajanlar için ise silanlar ve titanatlar örnek gösterilebilir (Lu v.d., 2000).

OPK için kullanılan organik birleştiriciler normalde iki ya da daha fazla fonksiyonel gruba sahiptirler. Bu fonksiyonel gruplar; izosiyanatlar için ($R-N=C=O$), maleik anhidritleri için [$-(CO)_2O-$], diklorodiyazin türevleri için ($-Cl-$) hidrojen veya kovalent bağ yapabilmeleri için lignin ve selülozun başlıca polar hidroksil ($-OH$) grupları ile etkileşime girerler (Raj ve Kokta, 1991, Chtourou v.d., 1992). Bunun yanı sıra organik ajanlar aşırı kopolimerizasyonu ile polimer matrisine modifiye edilerek de kullanılabilirler. Böylelikle lignoselülozik dolgu maddeleriyle ve polimer matrisi arasında daha güçlü bir adhezyon ve çapraz bağlanma oluşabilmektedir (Lu v.d., 2000).

Inorganik ajanlar, lignoselülozik lif (odun lifi) ile polimer arasında uyumsuzluğu gidermek ve odun lifinin yüzey polaritesini ortadan kaldırmak için dispersiyon ajanı gibi hareket ederler (Dalvåg v.d.,1985; Maldas ve Kokta 1990a,b). Organik-inorganik ajanlar yapısal olarak melez bileşiklerdir. Örneğin; titanatlarda merkezde bir inorganik titanyum atomu ve onu çevreleyen organik bir kısım bulunmaktadır. Bu ajanlarda bulunan organik

kısmın fonksiyonelliği OPK'larda uyumlaştırmanın etkinliğini belirlemektedir. Organik-inorganik birleştiriciler özellik açısından organik ve inorganik ajanlar arasındadırlar.

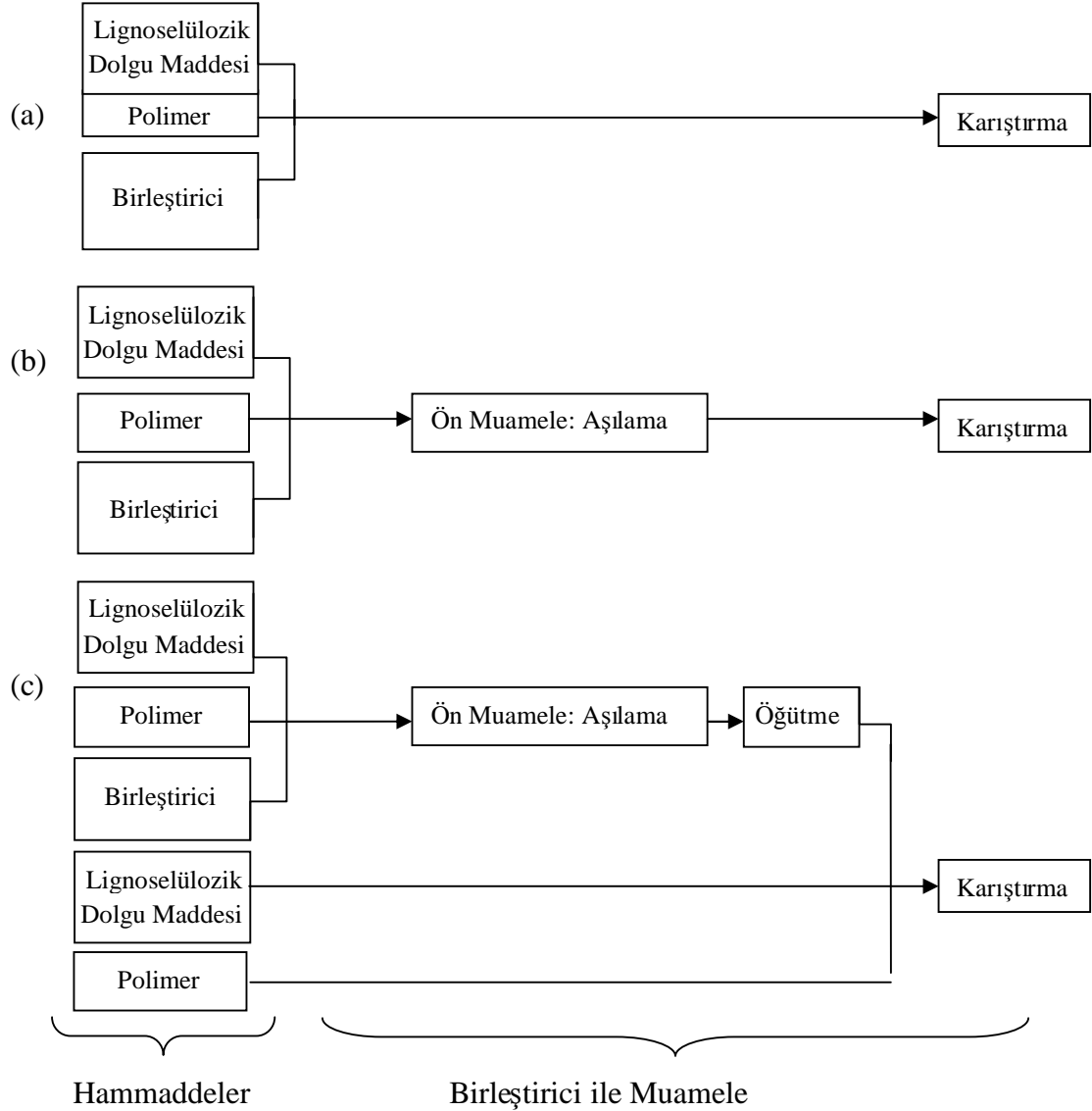
Maleik, asetik, süksinik ve ftalik anhidritler OPK için en yaygın kullanıma sahip birleştirici ajanlardır. Asetik anhidrit (AA), Süksinik anhidrit (SA) ve ftalik anhidritler (PhA) yapılarında karboksilat fonksiyonel grupları (-COO-) bulundurlar ve odun lifleri ile esterleşme ya da hidrojen bağlanması oluşabilir. Fakat Maleik anhidrit (MA) α , β -doymamış karbonil bileşimidir ve karbon-karbon çift bağı ve iki karboksilat (-COO-) grupları içermektedir (Morrison ve Boyd, 1992). Böylelikle arayüzde güçlü adhezyon ya da çapraz bağlanmalar oluşacaktır. Ancak MA molekül zinciri polimer matrisi ve odun lifinden çok daha kısadır. Bu yapısal farklılık arayüz adhezyonu iyileştirme etkinliğini azaltmaktadır (Maldas v.d. 1988). Bu nedenle MA genellikle aşı kopolimerizasyonu ile polimer matrisine modifiye edilerek kullanılmaktadırlar. MAPP, MAPE, SEBS-MA ve SMA gibi modifiye edilmiş kopolimerler birleştirici olarak kullanılırlar (Hedenberg ve Gatenholm 1995; Oksman v.d., 1998; Simonsen v.d., 1998).

İzosiyanat; üretan yapı (ya da karbamatlar) aracılığıyla odun lifine bağlanır, bu esterleşmeden daha kararlı bir şekilde hidroliz olmaktadır (John, 1982; Maldas ve Kokta 1990c). Moleküler yapısındaki farklılık yüzünden izosiyanatların reaktivitesi PMPPIC (poli-metilen-polifenil-izosiyonat), TDIC (toluen 2,4-diizosiyanat), HMDIC (heksametilen diizosiyanat), EIC (etil izosiyanat) şeklinde sıralanarak azalmaktadır. İzosiyanatlar içinde birleştirici olarak en fazla kullanılan izosiyanat PMPPIC iken TDIC'nin uyumlaştırma etkinliği HMDIC ve EIC'den daha iyidir (Lu v.d., 2000).

R-Si(OR)₃ olarak gösterilen silanlar, OPK için kullanılan organik-inorganik birleştiricilerden çok daha iyi performansa sahiptirler. Zira silanların selüloz ve ligninde bulunan hidroksil gruplarına bağlanması; eter ya da hidrojen bağları ile hidroliz ürününe (silanol) ya da silikona bağlanan alkoksi gruplarına direk bağlanmalarıyla gerçekleşmektedir (Kokta v.d., 1990).

1.4.3.1.2. Birleştiricilerin OPK Üretiminde Kullanımı

Birleştiricileri, OPK üretimine üç farklı şekilde katılmaktadır. Şekil 7'de bu üç metot şematik olarak gösterilmiştir.



- (a) Karıştırma ünitesine doğrudan katılması,
 (b) Karıştırma öncesi lignoselülozik dolgu maddesi ve polimerle birleştiricinin aşılanarak karışma ünitesine katılması,
 (c) Karıştırma öncesi lignoselülozik dolgu maddesi ve polimerin bir kısmının birleştirici ile aşılandıktan sonra ana karışıma katılması

Şekil 7. OPK üretiminde birleştiricilerin kullanılma metotları (Lu v.d., 2000).

Optimum birleştirici kullanım oranının belirlenmesine yönelik çalışmalarda; 50:50 odun/plastik oranında üretilecek OPK'lar için genellikle odun ağırlığına oranla %2-8 olarak; 70:30 odun/plastik oranı için ise %1-4 oranında birleştirici kullanılması önerilmektedir. Bazı kaynaklarda OPK kompozitinin toplam ağırlığına oranla %1-3 birleştiricinin kullanılmasının uygun olduğu kanısına varılmıştır (Maldas v.d., 1989; Krzysik v.d., 1990; Myers v.d. 1993; Lu v.d., 2000).

Birleştiricinin konsantrasyonu kompozit malzemedeki uyumlaştırmanın etkisini belirlemektedir. Genellikle; birleştirici konsantrasyonu bir noktaya kadar mekanik özelliklerde bir iyileşme, daha yüksek konsantrasyonlarda kullanımında ise, mekanik özelliklerde düşüş gözlenmektedir. Yüksek konsantrasyonda birleştirici kullanıldığında mekanik özelliklerde meydana gelen düşüşün nedenlerinin;

- a) Farklı formasyonda yan ürünler oluşması,
- b) Konsantrasyon içerisindeki aşılanmamış uyumsuz giderici oranının artması,
- c) Uyumlaştırıcı reaksiyonun engellenmesi olduğu söylenebilir (John, 1982; Beshay v.d., 1985; Maldas v.d. 1989; Maldas ve Kokta 1991).

Bu nedenle yüksek konsantrasyonda kullanılan birleştirici uyumlaştırma etkisini kötü yönde etkilemektedir ve bağlanmayı destekleyici olmaktan ziyade engelleyici rol oynamaktadır (Lu v.d., 2000). Ayrıca yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında üretilen OPK'larda uyumlaştırıcı ajanların çekme ve eğilme özelliklerinde gösterdiği iyileştirme, darbe direnci üzerinde negatif etki yapabilmektedir. Bu konu üzerine yapılan bir araştırmada, dolgu oranının artmasıyla odun ununun yüksek sıcaklıklarda artan kırılmalılıklarının darbe geriliminde azalmaya yol açtığı belirtilmiştir (Myers v.d., 1993).

1.4.3.2. Yağlayıcılar

Yağlayıcılar, OPK üretiminde kullanılan en yaygın katkı maddelerindendir. OPK üretim prosesinde akışkanlığı ve yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Yağlayıcıların fonksiyonları iç ve dış yağlama olarak iki kısma ayrılabilir. Dış yağlamada; üretim hattındaki metal aksam arasında çok molekülü bir tabaka oluşturarak polimerlerin metal aksama yapışmasını önleyici görev üstlenmektedirler. İç yağlamada ise viskozitenin düşmesini ve polimerin ısınmasını sağlayarak karışımın (lignoselülozik dolgu maddesi, polimer ve diğer katkı maddeleri) homojen bir form almasına yardımcı olmaktadır (Steppek ve Daoust, 1983; Geng, 2005). Lignoselülozik dolgu maddesi oranı arttıka viskozite artmaktadır. Yapılan çalışmalarda, yüksek oranlarda lignoselülozik madde ile yapılacak üretimlerde yağlayıcı kullanılarak akışkanlığın arttırılabileceği belirtilmektedir (Li v.d., 2004; Sherman, 2004; Geng, 2005; Adhikary v.d., 2011)

Yüksek oranlarda kullanılması halinde yağlayıcıların odun ve polimer matrisi arasındaki interaksyonu engelleyeceğinden ve bu sayede aralarında gerilme transferi de

azalacağından üretilen malzemenin direnç özelliklerinde düşüş olabilmektedir (Wolcott, 2003; Zhang v.d., 2009; Adhikary v.d., 2011). Metalik stearatlar (çinko stearat), parafin vaks, etilen bis stearamid (EBS) ve okside edilmiş polietilenler OPK'lar için yaygın olarak kullanılan yağlayıcılar arasındadır. Çinko stearatlar ile maleik anhidrit içeren birleştiricilerle birlikte kullanıldıklarında birbirlerinin etkinliklerini yok ettikleri için tavsiye edilmemektedir. Bu nedenle yeni yağlayıcılar metalik stearatlar ile metal içermeyen yağlayıcıların kombinasyonlarından oluşmaktadır (Markarian, 2005). Çinko stearat ve EBS kombinasyonu yaygın kullanıma sahiptir (Laver, 1996).

OPK'ların üretiminde kullanılan yağlayıcı madde miktarları standart plastiklere oranla iki kat daha fazladır. Yağlayıcı madde miktarı; %50-60 oranında odun içeren OPK'larda yüksek yoğunluklu polietilenler için %4-5 iken, polipropilen için %1-2 olarak kullanılabilir. PVC esaslı OPKlar için ise toplam ağırlığa oranla %5-10 oranında yağlayıcı madde kullanılması tavsiye edilmektedir (Sherman, 2004).

1.4.3.3. Renklendiriciler

Açık havaya maruz kalan odunlarda kullanım süresine bağlı olarak oluşan grimsi renklenme, renklendirici kullanılmadan üretilen OPK'larda da gözlenmektedir. Ayrıca odunda olduğu gibi zamanla demir pası renginde siyahımsı lekeler oluşabilmektedir. OPK'lar açık havaya maruz kaldıklarında, yağmur, kar, hava kirliliği ve ultraviyole ışınları sayesinde fotodegradasyon da oluşabilir. Bu yüzden hem mekanik hem de renk özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Pigmentler ve diğer renklendiriciler kullanılarak OPK'lar da oluşabilecek renk değişimlerini önlemek ve ayrıca istenilen renkte ürünler elde etmek mümkün olabilmektedir (Markarian, 2002; Geng, 2005; Kylosov, 2007). Araştırmacılar PVC esaslı OPK'larda rutil titanyum dioksitin kullanımı ile renk değişiminin yüksek oranda engellediğini belirtmişlerdir (Matuana v.d., 2001a; Stark ve Mualler, 2008).

1.4.3.4. Antioksidanlar

OPK'lar biyo bozunur malzemeler grubuna girmektedir. Antioksidanlar OPK'ların üretim prosesi ve kullanımları süresince bozunmayı önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle PVC esaslı OPK'ların üretiminde oldukça önemli ve rutin bir kullanıma

sahiptirler (Markarian, 2002). YYPE esaslı OPK'da %0.5 oranında kullanılmalarının direnç özellikleri ve fiziksel özellikler de olumlu etki yaptığı bir araştırmada rapor edilmiştir (Gahni ve Ahmad, 2011).

1.4.3.5. Ultraviyole (UV) Absorplayıcılar

UV absorplayıcılar, bir çeşit yaşlanmayı geciktirici katkı maddeleridir. Isıya karşı oldukça dayanıklıdır. Gözle görülür bozulma ve uçuculuğu yoktur. Ultraviyole ışınlarını absorplayarak OPK'larda verdikleri zararı azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Özellikle dış ortamlarda direk UV ışınlarına maruz kalan OPK'larda, renk değişimleri, sararmalar, lekeler oluşabilmektedir. Bu maddelerin kullanılmasıyla; odun ve polimerlerin bozunması önlenilmekte ve ürünlerin dış ortamlarda kullanım süreleri uzatılabilmektedir (Clemons 2002; Markarian, 2002; Geng, 2005).

1.4.3.6. Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler (YGM)

Hem odun hem de plastik yanabilen malzeme grubundadırlar. İnşaat sektöründe özellikle toplu yaşam alanlarında canlı varlığın hayati tehlikesini azaltmak için malzemelerin yangına karşı dirençli olması istenir. Bu amaçla da yangın geciktirici maddeler (YGM) kullanılır. Yangın geciktiriciler; özellikle yangının yayılmasını önlemek ve OPK'ları güç tutuşur hale getirebilmek amacıyla kullanılmaktadırlar (Geng, 2005; Kylosov, 2007).

Bazı polimerler kendiliğinden yangın geciktiricilik özelliğe sahiptir. Bunlara özellikle PVC gibi halojen içeren malzemeler örnek gösterilebilir (Kylosov, 2007). Yangın geciktirici kimyasal maddeler (YGM) katıldıkları malzemeye yanmaya karşı direnç özelliği kazandırmalarının yanı sıra malzemenin diğer özelliklerinde de iyileşmeler gösterebilirler. Örneğin borlu bileşikler biyo-malzemelere yangın geciktirici özellik kazandırmanın yanı sıra mantar ve çürüklüğe karşı da koruma özelliği sağlamaktadır (Dönmez, A., 2005; Ustaömer, 2008; Kartal v.d., 2007).

Etkin bir yangın (alev) geciktiriciden şu özellikler istenir:

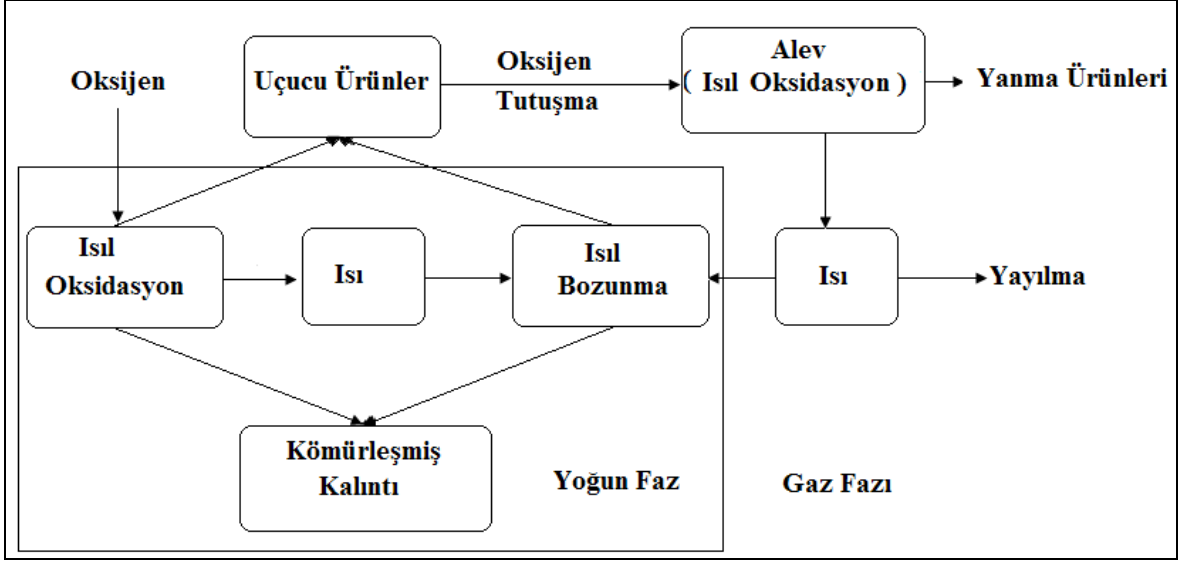
- a) Yanma esnasında yüzey alanında fazla oksitler oluşturmalıdır,
- b) Toz halindeki maddenin tanecik boyutu 10 mikrondan küçük olmalıdır,

- c) Renksiz veya beyaz renkli olmalıdır,
- d) Zehirsiz olmalıdır,
- e) Çözünmeyen veya çok az çözünen safsızlıklar içermelidir (örneğin Na tuzlan),
- f) Kolay temin edilebilmeli ve ekonomik olmalıdır,
- g) Dış ortam koşullarına bağlı olarak (rutubet, yağmur suyu vb.) materyalden kolaylıkla yıkanmamalıdır (Kaya ve Öz, 1999; Hornsby, 2010).

Plastik ve OPK'lar için kullanılan YGM'ler, odun için kullanılan YGM'lerden tamamen farklıdır. YGM'ler odun emprenye işlemlerinde sulu çözelti halinde kullanılmaktadır. Monoamonyum ve diamonyum fosfatlar, amonyum sülfat, çinko klorür, sodyum tetra borat, borik asit ve guanil üre fosfatlar odun için kullanılan tipik YGM'lere örnek verilebilir.

Plastik ve OPK'lar için kullanılacak YGM'ler odun-plastik karışımına üretim sırasında direk olarak katı halde eklenir. Bu yüzden bozunma sıcaklıkları OPK üretim sıcaklıklarından yüksek olmalıdır (Kylosov, 2007).

Şematik olarak bir polimerin yanma mekanizması Şekil 8'de gösterilmiştir. Yanma bir alev kaynağındaki ısının uçucu yanma ürünlerini oluşturmasıyla başlamaktadır. Uçucu yanma ürünlerinin yoğunlaşması tutuşma sıcaklığının üstündeki sıcaklıkta ve yanabilirlik sınırları içinde olmaktadır. Yanma bir ısıl oksidasyon zincir prosesidir. Alevin beslenmesi, polimerin bozunma hızının devam ettirilmesi için yeterli ısının sağlanmasına bağlıdır. Aksi takdirde alev söner. Alev kaynağından gelen ısı sonlandığında, hem gaz fazında hem de yoğun fazda gereğinden fazla ısı biriktiği için, ısıl oksidasyon ve yanma devam eder. Şekilde görüldüğü üzere; örneğin yoğun fazda oluşan kömürleşme ya da ısıl oksidasyon gibi bazı aşamalar polimer tipi ve yanma şartlarına göre farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 8. Polimerlerin yanma mekanizması (Bocchini ve Camino, 2010).

1.4.3.6.1. Yangın Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sınıflandırılması

Yangın ya da alev geciktiriciler farklı şekillerde gruplandırılmaktadır. Bunlar katkı maddeleri ve reaktifler olarak iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Katkı maddeleri genellikle dolgu maddeleri olarak kullanılıp, reaktif bileşenlerin aksine diğer bileşenlerle reaksiyona girmezler (Mureinik, 1998). Katkı maddeleri olarak kullanılan yangın geciktiriciler de, inert ve organik yangın geciktiriciler (Mouritz ve Gibson, 2006) ya da pasif ve aktif yangın geciktiriciler olarak sınıflandırılmaktadır (Kylosov, 2007).

Ayrıca fiziksel aktivitelerine göre yangın geciktiriciler;

- 1) Suda çözünen soğutucu blok (heat sink) oluşturabilen kimyasallar,
- 2) Halojen yapıda ve zehirli gaz açığa çıkaran kimyasallar,
- 3) Kömürleşerek koruyucu tabaka oluşturabilen kimyasallar olarak da sınıflandırılabilir (Kylosov, 2007).

1.4.3.6.1.1. İnert (Pasif) Yangın Geciktiriciler

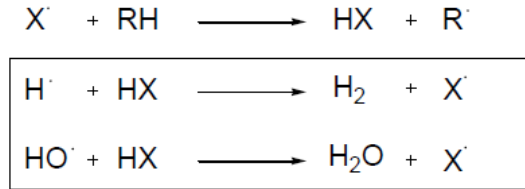
Bu gruptaki YGM'ler alevin yayılmasını önler, ısınmayı yavaşlatırlar, ısı soğurarak kömürleşmeye yardımcı olurlar. Fakat tutuşma sıcaklığı üzerinde bir etkiye sahip değildir. Kalsiyum karbonat, talk, kil, silika ve cam yünü yaygın kullanıma sahip inert kimyasallara örnek verilebilir (Mouritz ve Gibson, 2006; Kylosov, 2007).

1.4.3.6.1.2. Aktif Yangın Geciktiriciler

1.4.3.6.1.2.1. Halojenli Yangın Geciktiriciler

Alevlenmeyi geciktirici katkı maddeleri kullanımında halojen içerikli katkı maddeleri büyük bir paya sahiptir. Halojen bileşiklerinin kararlılığı $F > Cl > Br > I$ şeklindedir. İyot bileşikleri kararlılıklarının düşük olmasından dolayı çok tercih edilmezler. Florlu bileşiklerde ise C–F kovalent bağı çok kararlı bir bağ olduğundan gaz fazında etkin bir şekilde radikal durdurucu olarak görev yapmamaktadır. Bu yüzden en yaygın kullanılan halojenli yangın geciktiriciler klorlu ve bromlu bileşiklerdir (Bocchini ve Camino, 2010).

Genel olarak, halojenli yanmayı geciktiricilerde ısı bozunma sırasında açığa çıkan radikaller polimer ile etkileşerek halojenür oluşturmaktadırlar. Halojenürler alev bölgesinde, $H\cdot$ ve $HO\cdot$ gibi radikallerle birleşerek radikallerin oluşumunun ilerlemesini engellemektedir (Şekil 9). Son yıllarda çevresel bilincin gelişmesine bağlı olarak halojen içerikli katkı maddeleri terk edilerek daha az zararlı malzemelerin kullanımı yoluna gidilmektedir (Geng, 2005; Mouritz ve Gibson, 2006; Kylosov, 2007; Bocchini ve Camino, 2010).



Şekil 9. Halojenli yangın geciktiricilerin gaz fazı reaksiyonları (burada X, klorlu veya bromlu bileşikleri temsil etmektedir) (Bocchini ve Camino, 2010; Rakotomalala v.d., 2010)

1.4.3.6.1.2.1.1. Klor Esaslı Yangın Geciktiriciler

Klor esaslı yangın geciktiriciler; alifatik, alisiklik (sikloalifatik) ve aromatik olarak 3 grupta toplanmaktadır. Isıl (termal) stabiliteyi aynı sıraya göre artış, yangın geciktirici etkileri ise yine aynı sıraya göre azalış göstermektedir. Bu çift taraflı eğilim alev geciktiriciler arasında yaygındır. Bir kimyasal ne kadar yüksek ısı kararlılık özelliğine

sahip ise daha yüksek sıcaklıklarda yangın (alev) geciktiricilik özelliği kimyasal olarak aktif ve fonksiyonel hale gelmektedir. Klor esaslı yangın geciktiricilerin en belirgin dezavantajı kullanıldıklarında kompozit malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmalarıdır.

Alifatik klorlu yangın geciktiriciler içerdikleri %40-70 arasında klor miktarıyla “kloroparafinler” olarak adlandırılır. Düşük ısı dirence sahip olup ve deklorlama (klor uzaklaşması) 180°C sıcaklıklarda başladığından polietilenler ve PVC için kullanımlarında sınırlandırmalar getirilmiştir (Kylosov, 2007).

1.4.3.6.1.2.1.2. Brom Esaslı Yangın Geciktiriciler

Brom esaslı yangın geciktiriciler, yoğunlaşmış fazda kimyasal reaksiyonlarla yanmayı sonlandırıcı ya da yönünü değiştirici görev yaparlar. Aynı zamanda ağır brom gazı yayarak yanma esnasında açığa çıkan ısı ve oksijeni OPK veya polimer malzemelerden uzaklaştırırlar (Hilado, 1998; Mouritz ve Gibson, 2006; Stark v.d., 2010). En yaygın kullanılan brom esaslı yangın geciktirici deka bromobifenil oksittir. Brom esaslı yangın geciktiriciler pratikte her zaman antimon sinerjisti ile genellikle de antimon tri oksit ile birlikte kullanılırlar. Antimon bileşikleri tek başlarına çok fazla etkili değildir. Fakat halojenlerle kombinasyonlarında antimon tri halojenür formunda oldukça etkili olmaktadır. Antimon tri halojenürler hem serbest radikalleri ortamdan uzaklaştırır hem de kömürleşme oluşumunu artırırlar (Stark v.d., 2010).

1.4.3.6.1.2.1.3. Halojenli Yangın Geciktiriciler İçin Getirilen Kısıtlamalar ve Yasaklar

Brom ve klorlu alev geciktirici sistemler atmosfere yanıcı yan-ürünler olan hidrobromik veya hidroklorik asitler salarlar. Aynı zamanda organobromid ve kloritler ile PVC'nin yanmasıyla hidroklorik asitlerde salarlar. Yangınlarda can kayıplarının büyük çoğunluğu alev geciktirici olmayan malzemedan çok, bu maddelerin zehirli yan ürünlerin etkisinden kaynaklanmaktadır.

Halojenli bileşiklerin yanma yan ürünleri korozif etki yapmaktadır. Bundan dolayı 1980 ve 1990'ların başında kanuni tedbirler gündeme gelmiştir. İtalya ve Japonya'da kablo üretiminde PVC'nin yerini halojen içermeyen alev geciktirici poliolefinik sistemler

almıştır. Japonya'da, kablolarda halojen istenmezken, ABD'de pahalı halojensiz poliolefinik solüsyonlar hakimdir. İsveç ve Almanya'da bromsuz alev geciktiriciler tercih edilmektedir (Kaya ve Öz, 1999; Kylosov, 2007).

2004 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Risk Değerlendirme Raporu'nda (AB RDR) özellikle brom esaslı (polibrom difenil esterleri (PBDE)) bazı yangın (alev) geciktiricilerin kullanımları yasaklanmıştır. Bunlar arasında; poliüretan köpükler için kullanılan pentabrom difenil eterler (pentaBDE), elektrik elektronik cihazlar ve otomobillerde kullanılan octabrom difenil eterler (octa-BDE) bulunmaktadır. 2004 yılında Birleşmiş Milletlerde penta-BDE üretimi durdurulmuş olup üretim ve ithalatı yasaklanmıştır. 2006 yılında, Okta-BDE ABD'nin birçok eyaletinde yasaklanmıştır (Dawson ve Landry, 2006). Penta-BDE ve okta-BDE troid problemlerine ve fetüs gelişim bozukluklarına yol açmaktadırlar. Ayrıca Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezlerine (CDC) göre insan kanı serumu ve anne sütünde PBDE miktarının, her 2 ile 5 yıl içinde iki katı oranında arttığı belirtilmektedir. Dekabrom difenil eter (deka-BDE) ABD ve Avrupa Birliği tarafından güvenli olarak belirtilse de CDC listelerinde kanserojen maddeler grubunda yer almıştır (Kylosov, 2007). Şimdilerde TBBPA (tetrabrom bisfenol-A), HBCD (hekzabrom siklododekan), TCEP [tris (2-kloroetil) etil fosfat], TDCP [tris(2-kloro-1-(klorometil) etil) fosfat] ve V-6 [2,2-bis(klorometil) trimetilen bis (bis(2-kloro etil) fosfat] ve benzeri yangın (alev) geciktiriciler Avrupa Birliği tarafından inceleme altına alınmıştır ve 2010 yılı AB RDR raporunda Tetrabromobisphenol-A Avrupa da üretimi yasaklanmıştır.

1.4.3.6.1.2.2. Halojen İçermeyen Yangın Geciktiriciler

Çevresel sorunlar dikkate alındığında, halojen içermeyen yangın geciktiriciler pazarda oldukça yoğun talep görmektedir. Özellikle Avrupa ve Amerika'da halojen içerikli yangın geciktiriciler için getirilen yasal kısıtlamalardan sonra plastik esaslı ürünlere yangın geciktiricilik özelliği kazandırmak için halojen içermeyen ve çevreye zarar vermeyen metal hidroksitler, fosfor ve bor bileşiklerinin kullanımına yönelme olmuştur (Li ve He, 2004; Kylosov, 2007; Rakotomalala v.d., 2010).

1.4.3.6.1.2.2.1. Metal Hidroksitler

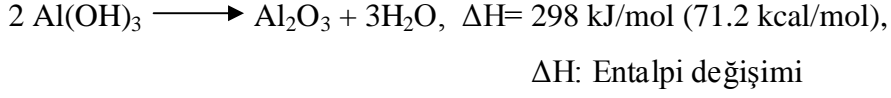
Kolay işlenebilmesi az zehirli olmaları ve düşük maliyetle üretilebilir olmalarından dolayı uçucu özellik göstermeyen metal hidroksitler alevlenmeyi geciktirmek amacıyla kullanılan katkı maddeleri arasında önemli bir paya sahiptir. Yangın geciktirici olarak kullanılan metal hidroksitlerin başında alüminyum ve magnezyum esaslı hidroksitler gelmektedir (Hilado, 1998; Stark v.d., 2010; Kylosov, 2007). Alüminyum ısıl oksidasyonu engellemede, magnezyum ise duman oluşumunu azaltma da daha etkilidir. Yanma mekanizmasında yoğun fazın oluşmasıyla metal hidroksitler harekete geçerler ve metal oksit ve suya ayrışırlar. Bu oldukça yüksek endotermik bir reaksiyondur ve alev kaynağından yayılan enerjiyi azaltır (Rakotomalala v.d., 2010).

Plastik ve OPK üretiminde yangına (aleve) karşı dayanıklılık özelliği kazandırmak amacıyla metal hidroksitli katkı maddeleri kullanılması durumunda bu oranın kütlece %30 ile 70 civarında olması önerilmektedir, hatta bazı kaynaklarda %40'ın altında kullanılmaması gerektiği vurgulanmıştır. Bu yüksek miktarda kullanım metal hidroksitlerin en belirgin dezavantajıdır (Kylosov, 2007; Hornsby, 2010; Stark v.d., 2010). Bu miktarda bir yüklemenin yapılmasıyla bozunmaya bağlı olarak yanabilen maddelerin açığa çıkacağı düşürülmektedir. Bu tür katkı maddeleri bozunma sırasında açığa çıkan ısının emilimini sağlayarak bozunma sıcaklığının yükselmesini önlemektedir. Ayrıca metal hidroksitler karbon içerikli materyalleri adsorbe ederek duman oluşumunu da azaltmaktadır (Stark v.d., 2010).

1.4.3.6.1.2.2.1.1. Alüminyum Tri Hidrat (ATH)

Yangın (alev) geciktiriciler arasında en yaygın kullanıma sahip metal hidroksitlerdendir. Alüminyum tri hidrat (ATH), aktif YGM'ler için verilecek en iyi örneklerden biridir. Kremsi beyaz renktedir, çoğunlukla 160-180 °C sıcaklıklara kadar bazı kaynaklara göre ise 216°C'ye kadar ısıl kararlılık gösterdiği belirtilmektedir (Kylosov, 2007). ATH tane boyutları 1 mikron ya da daha küçüktür. Bu sayede polimer matrisinde homojen olarak dağılım gösterebilir. Genellikle toplam ağırlığa oranla yüksek miktarlarda kullanılması çoğu polimer kompozitlerin mekanik ve dayanıklılık özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu olumsuz etkiyi minimize etmek için organo-halojenler gibi diğer yangın geciktiriciler ile kombine edilerek kullanılabilirler (Mouritz ve Gibson, 2006).

Alüminyum tri hidroksit(ATH), yanma prosesinde hem gaz fazında hem de yoğun fazda aktiftir ve yüksek oranlarda kullanıldıklarında alev ve dumanın bastırılmasında oldukça etkilidir. ATH ısıya maruz kaldığında alüminyum oksit ve suya dönüşür;

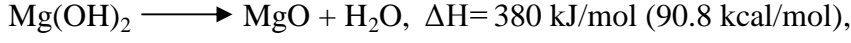


ATH'ın ısı bozunması yaklaşık 220°C sıcaklıklarda başlamaktadır. ATH 10°C/dak ısıtılma hızıyla ısıtıldığında yaklaşık 220°C sıcaklıklarda su açığa çıkarmaya başlar, 300 °C'de ağırlığının %12'si kadar su açığa çıkartır. 334°C'de açığa çıkan maksimum su miktarı %28'ü bulur ve süreç yavaşlamaya başlar. 900°C'de açığa çıkan su miktarı %35'e ulaşır. Suyun açığa çıkması plastiğin oksidasyonundan oluşan ısıyı düşürür ve alevi söndürür. Bu endotermik bir bozunma olup, "ısı soğurucu" ya da "soğutucu blok (heat sink)" olarak adlandırılır. Yoğun fazda suyun buharlaşmasıyla kalan ATH, polimerin yüzeyinde koruyucu bir tabaka (ısı bariyer tabakası) oluşturarak, açığa çıkan toksik özellikteki gazların oranını ve oksidasyon sırasında ısının oluşma hızını azaltır. Böylelikle kömürleşme oranı da arttırılabilir (Kylosov, 2007; Rakotomalala v.d., 2010; Mouritz ve Gibson, 2006).

ATH, bozunma sıcaklığının (yaklaşık 220 °C'nin) üzerindeki bozunma sıcaklığına sahip polimerler ve katkı maddeleri ile işlenmiş ürünlerin üretimlerinde kullanılamaz. Bu durum daha düşük sıcaklıklarda sertleşen çoğu termoset reçineler için geçerli değildir. Ancak kompozitlerde kullanılan polipropilen sülfid ya da polieter eter keton gibi yüksek performanslı termoplastiklerde, üretim akışının devam edebilmesi için viskozitenin azaltılması gerekmekte ve ATH'nın bozunma sıcaklığının üstünde ısıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gibi durumlarda, ATH'dan daha yüksek ısı kararlılığı olan yangın geciktiriciler kullanılması gerekmektedir (Mouritz ve Gibson, 2006).

1.4.3.6.1.2.2.1.2. Magnezyum Hidroksit

Yangın geciktirici olarak yaygın bir şekilde kullanılan diğer bir metal hidroksit, magnezyum hidroksittir. Yangın geciktirici mekanizması ATH ile aynı şekildedir. Magnezyum hidroksitte ısıya maruz kaldığında; magnezyum oksit ve suya ayrışır;



ΔH : Entalpi değişimi

Bu reaksiyonda magnezyuma bağlanmış hidroksil grupları su buharına dönüşür ve alev içindeki H/OH radikalleri ve alevlenebilen organik uçucuların konsantrasyonlarını azaltır. Hidromagnezit içindeki su yüksek sıcaklıklarda serbest kalarak alevin hızı ve yayılmasını yavaşlatır. Mg(OH)_2 'da daha yüksek sıcaklıklarda (300-330°C) ısıl bozunma başlamaktadır. Bu değer ATH'den oldukça yüksektir. Bu yüzden yüksek performanslı termoplastiklerde bozunmaksızın rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca, ATH'a göre endotermik reaksiyon daha fazla, entalpi değişimi daha yüksek ve soğutucu blok daha etkilidir. Ancak ATH'a göre çok daha pahalı olup yüksek oranlarda (%30-60) kullanılması gerekmektedir (Mouritz ve Gibson, 2006; Kylosov, 2007; Hornsby, 2010).

1.4.3.6.1.2.2.2. Bor Esaslı Yangın Geciktiriciler

Bor elementi doğada serbest olarak bulunmamaktadır. Doğada değişik oranlarda bor oksit (B_2O_3) ile 150'den fazla mineralin yapısı içinde yer almasına rağmen, genellikle kalsiyum, sodyum ve magnezyum elementleri ile hidrat bileşikleri halinde teşekkül etmiş olarak bulunur. Bor minerallerinden ticari değere sahip olanları; tinkal, kolemanit, üleksit, probertit, borasit, szyabelit, hidroborasit ve kernit'tir. Doğada geniş bir yayılış gösteren bor mineralleri ülkemiz açısından büyük bir stratejik öneme sahiptir. Hammadde, yarı mamul ve mamul madde olarak, cam, porselen, seramik, tekstil, deterjan, ağartma, tarım, refrakter, metalurji, yangın geciktirici, ahşap koruyucu, nükleer enerji teknolojisi gibi çok farklı sektörlerde 250 çeşit bileşiği kullanılmaktadır.

Borlu bileşikler odun ve odun esaslı levha ürünlerinde yangın geciktirici olarak kullanıldıkları kadar; mantar, böcek ve küf zararlılarına karşı koruyucu olarak, kâğıt hamurunda ağartıcı olarak da kullanılmaktadır (Kurt v.d., 2011, Laks ve Manning,1995; Yalınkılıç v.d., 1998; Örs v.d., 1999; Çolakoğlu v.d., 2003; Baysal v.d., 2003; Kırcı v.d., 2004; Dönmez, A., 2005; Ustaömer, D., 2008). Büyük çevresel tehditler altında olan günümüzde diğer koruyucu kimyasallara kıyasla; memeliler üzerinde zehirliliğinin yok denecek kadar düşük olması ve çevre dost olması borlu bileşiklere olan ilginin giderek artan bir hızla büyümesine yol açmıştır (Kartal ve Imamura, 2004).

Yaygın olarak kullanılan yangın geciktirici bor bileşikleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Yaygın olarak kullanılan bor esaslı yangın geciktiriciler (Shen v.d., 2010).

Kimyasal Adı	Kimyasal Formülü ve Bor Oksit içeriği (%)	Dehidrasyon Başlama Sıcaklığı	Sudaki Çözünürlük oranı (% , 25 °C)	Uygulamalar
Boraks pentahidrat	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, %49	65	4.4	Odun/selüloz/pamuk, yüzey kaplama
Boraks dekahidrat	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, %37.5	45	5.8	Odun/selüloz
Borik Asit	$\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, %56.6	70	5.5	Odun/selüloz/pamuk, polimer, boya
Borik oksit	B_2O_3 , %98.5	-	-	Mühendislik plastikleri
Susuz boraks	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$, %68.8	-	-	Üretan, tel, kablo
Disodyum oktaborat tetrahidrat (DOT)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, %67.5	40	9.7 (20 °C)	Ahşap esaslı ürünler, pamuk
Kalsiyum borat (kolomanit)	$2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, %44-48	290	0.2	Kauçuk, çatı malzemesi, membran
Baryum metaborat	$\text{BaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, %26 (%90 saflıkta)	200	0.3	PVC, boya
Çinko borat	$x\text{ZnO} \cdot y\text{B}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$	-	-	Polimer, elastomerler, boyalar, üstüpi/dolgu
Amonyum entaborat	$(\text{NH}_4)_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, %64.6	120	10.9	Epoksi, üretan, boya
Melamin diborat	$(\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_6)_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, %22	130	0.7	Epoksi yangın dayanımı artırıcı boya, pamuk, tekstil
Bor fosfat	BPO_4 , %18.7	Bulunmamakta	Düşük	Polyamid/polipropilen eterler, PO

Uzun zamandır borik asit ve boraks (sodyum borat) gibi suda çözünen borlu bileşikler, selülozik materyallere (kâğıt, odun, odun esaslı levhalar ve bazı tekstil ürünleri) yangın geciktirici özellik kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Öte yandan suda çözünmeyen ve ısısal kararlılığı daha yüksek olan çinko boratlar ise termoplastikler için kullanılmaya başlanmıştır. Her iki tipteki borlu bileşiklerin yangın geciktirme mekanizmaları farklı çalışmaktadır. Suda çözünen borlu bileşikler; yangın esnasında selülozun OH gruplarıyla esterleşebilirler ve metal hidroksitlere ve fosforlu bileşiklere benzer şekilde kömürleşmeyi arttırmaktadırlar. Örneğin yangın esnasında amonyum pentaborat bozunarak borik asit açığa çıkar. Amonyum poli fosfatın bozunması ile ise poli fosforik asit açığa çıkar (Myers v.d., 1985; Weil, 2000; Stark v.d., 2010).

Boratlar ve borik asit bozundukları sırada ayrıca ortama su salarak bir soğutucu blok oluştururlar. Borik asit ve boraks ya da anhidrit ya da bunların karışımları düşük ergime sıcaklıklarına sahip katılardır. Bunların viskoz camsı eriyiklerinde yanma esnasında bozunmayla açığa çıkan gazlar kabarma etkisine neden olabilirler. Bunun yanı sıra sadece pirolizleşen ya da kömürleşen polimerin yüzeyini kaplayabilir, yüzeydeki boşlukları da doldurarak ısı ve bozunma ürünlerine karşı bir bariyer oluştururlar (Levchik, 2007).

Çinko borat bünyesinde bulundurduğu su miktarlarına göre farklı formülasyonlardaki ticari ürünler halinde bulundurulmaktadır. Aslında boratlar hidroksit tuzlardan daha kompleks yapıdadırlar (Shen ve Griffin, 1990). Polimerin yanması sırasında oluşan ısınmayla çinko boratlar endotermik olarak su kaybederler, buharlaşan su ısıyı absorplayarak ve yanma gazları ve oksijeni seyreltir (Yang v.d., 1999).

Çinko boratlar hem halojen içerikli hem de halojen içermeyen sistemlerde kullanılmaktadır (Shen, 2001).

Halojen içerikli sistemlerde en iyi örneği, PVC'lerde yoğun olarak kullanılmaktadırlar. PVC'de yanma süresince kömürleşmeyi önemli derecede artırır. Çinko boratlar PVC'nin ısı bozunması sırasında açığa çıkan hidrojen klorit ile reaksiyona girerler. Sonra çinko klorit dehidro halojenasyonu hızlandırır ve çapraz bağlanma meydana gelir. Bu durum kömürleşmeyi artırır ve daha önemlisi duman oluşumunu önemli oranda azaltır. Yeterli yüksek sıcaklığa ulaşıldığında, çinko borat eriyerek camsı bir tabaka oluşabilir, fakat bu küçük alevlenmelerde pek gerçekleşmez. Bunun yerine çinko borat katlaşır ve yangının korlaşmasını engeller ve kömürleşen materyalin yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesine yardımcı olur.

Diğer taraftan çinko borat, halojen içermeyen polimerlerin oksidatif bozunma yolunu değiştirebilir. Bu hidrokarbonların oksidasyonuna karşı bor oksitlerin engelleyici etkisi (Shen ve Griffin, 1990) ya da kömürleşen materyaldeki grafit yapısının oksidasyonu (Lewin ve Weil, 2001) ya da sadece katılmış koruyucu tabaka yapısı nedeniyle oluştuğu belirli kaynaklarda ifade edilse de tam olarak netlik kazanmamıştır (Levchik, 2007).

Araştırmalarda çinko boratın sinerjistik olarak diğer yangın geciktiriciler özellikle metal hidroksitler ve amonyum fosfatlar ile birlikte kullanılabilirliği belirtilmiştir (Kurt ve Mengeloğlu, 2011). ATH ile kombinasyonunda saf susuz alüminyum oksidinkinden daha iyi yalıtım özellikleri olan seramik benzeri poroz bir kalıntı oluşturduğu, magnezyum hidroksitle kombinasyonunda ise magnezyum hidroksitin dehidrasyonunu hızlandırdığı ve

suyu alınmış MgO ile seramik benzeri bir yapı oluşturduğu belirtilmiştir (Bourbigot v.d., 2001; Stark v.d., 2010).

1.4.3.6.1.3. Diğer Yangın Geciktiriciler

Yangın geciktirici diğer önemli kimyasallar; fosfor içerikli (mono amonyum fosfat ve poli amonyum fosfat), silikon içerikli yangın geciktiriciler (polidimetilsiloksan), melamin esaslı (melamin, melamin poli fosfat, melamin siyanürat), azot esaslı (triazinler, izosiyandırler), amidler ve hidroksi karbonatlardır (Innes ve Innes, 2004; Kylosov, 2007; Hornsby, 2010; Levchik, 2007).

Son yıllarda nanoteknolojik gelişmelere paralel olarak nanokiller (epoksi, poliamid, montmorillonit, zeolit, alüminyum silikat) ile yapılan nano kompozitlerin yangın geciktirici özellikleri incelenmiştir. Nanokiller polimer matrisin içerisinde homojen bir dağılım sağlayarak ve diğer katkı maddeleri ile sinerjik bir etki yaratmaktadır. Bu polimerin alevlenebilme özelliğini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Aynı zamanda yüksek oranda kullanılan YGM'lere göre daha düşük oranlarda da yüksek performans gösterebilmektedir (Innes ve Innes, 2004; Wilkie, 2005; Mouritz ve Gibson, 2006; Levchik, 2007).

1.5. Odun Plastik Kompozit Üretim Teknolojisi

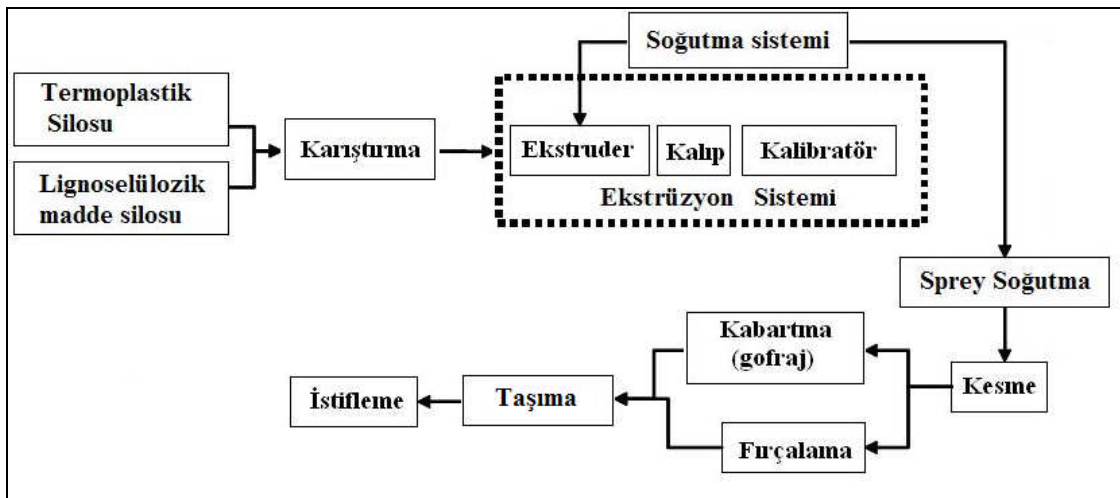
Lignoselülozik lif veya unların termoplastiklerin içerisinde kullanılması çeşitli fiziksel ve mekanik avantajları da beraberinde getirmiştir. Ancak bu dolgu maddelerinin termoplastik polimerlerin içerisinde homojen dağılımının sağlanabilmesi en yaygın sorundur. OPK üretiminde ürünün kalitesi karışımının kalitesine bağlıdır (Gramann ve Osswald, 1993; Wolcot ve Englund, 1999). Üretim sırasında karıştırma prosesini optimize etmek oldukça önemlidir. Zira yeterli karışım olmazsa odun ya da diğer lignoselülozik liflerin termoplastik matrisi içerisindeki dağılımı homojen olmayacak ve ikisi arasındaki bağlanmanın zayıf olmasına neden olacaktır. Haddinden fazla karışma olması halinde ise; liflerin zarar görmesine neden olacaktır. Her iki durumda da optimal koşullar ile karşılaştırıldığında mekanik özelliklerde bir azalma meydana geldiği belirtilmiştir (Yam v.d., 1990). Termoplastik sanayi çeşitli ürünleri üretmek için farklı üretim teknikleri kullanmaktadır. Bunlardan ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama metotlarının her ikisinde de

bir hareket mekanizması vardır. Sistem vida tarafından çalıştırılmaktadır (Turkovich ve Erwin, 1983; Stevens, 1985).

Odun plastik kompozit üretiminde de enjeksiyon, ekstrüzyon ve basınçlı kalıplama metotları kullanılmaktadır. Ayrıca OPK'lar önce pelet haline getirilip ardından enjeksiyon kalıplama ya da sıcak presleme ile levha halinde iki kademeli olarak ya da bu yöntemlerden biri ile direk olarak da üretilabilmektedir.

1.5.1. Ekstrüzyon Yöntemiyle OPK Üretimi

Ekstrüzyon yönteminde tek ve ikiz vidalı ekstruderler ile üretimler yapılmaktadır. OPK üretiminde lignoselülozik maddenin termoplastik matrisi içerisinde homojen dağılımını sağlamak açısından ikiz vidalı ekstruderler son zamanlarda daha fazla tercih edilmektedirler (Wolcott ve Englund, 1999). Genel olarak OPK üretimine ait iş akışı Şekil 10'da gösterilmiştir. Direk ekstrüzyon ve kademeli ekstrüzyon olarak iki farklı OPK üretim sistemi vardır. Direk ekstrüzyon OPK'nın granül (pellet) haline getirilmeden, fiziksel karışımın tek aşamada ekstrüde edilip son ürünün elde edildiği üretim yöntemidir. Bu yöntem ile mekanik özelliklerden sertlik ve mukavemette artış, ürün ve üretim maliyetinde düşüş, hammadde çeşitliliği, düşük üretim sıcaklıkları ve % 80'nin üzerinde lignoselülozik madde içeriği ile çalışabilme imkânı sağlanabilmektedir. Kademeli ekstrüzyonda odun ve plastik birinci ekstruder makinesinde granül (pellet) haline getirilir. Sonra enjeksiyon veya ekstrüzyon makinesinden geçirilerek son ürün elde edilir.



Şekil 10. Ekstrüzyon yöntemi ile OPK üretimi genel iş akışı (URL8, 2011).

Geleneksel ekstruderlerde üretim esnasında malzemede rutubet istenilmemektedir. Malzeme ön kuruluğa sahip olmalı, rutubet %1,5'un altında tutulmalı ve ekstruder bu rutubette beslenmelidir. Bu plastiği olduğu kadar lif malzemesini de kapsamaktadır. Plastik ekstruderlerin öğütülmüş yongaları işleyememesi nedeniyle odunsu materyal, çekiç değirmenler kullanılarak inceltme işlemine tabi tutulurlar. Kullanılacak lifler istenilen boyutlardaki gözeneklere sahip eleklerde elenmelidir (genellikle 40 mesh). Bu işlemlerin ardından ikiz vidalı ekstruderlerin kuru lifleri ve plastik granülleri aynı anda kullanışlı hale getirilebilmesiyle teknik olarak birçok avantaj sağlamaktadır.

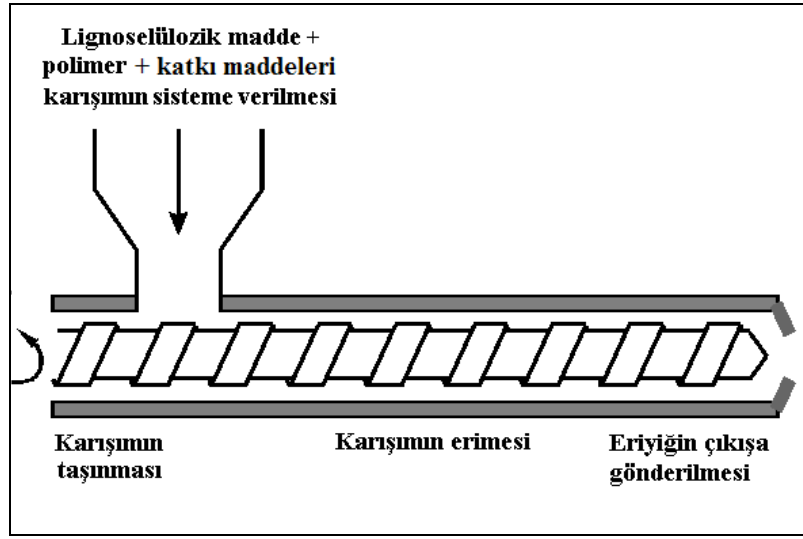
Son zamanlarda ise kademesiz olarak tasarlanmış konik yapıya sahip ekstruderler (Conex® örneği) ile aynı zamanda çok rutubetli ve işlenmemiş taze testere talaşı, kaba lif özelliğindeki hammaddeler %50 rutubet içerse dahi işlenebilirler. Bu ekstruder ile rutubet serbest hale getirilerek ekstruder ve gövde içerisindeki buhar dışarı atılabilmektedir. Çıkan buhar daha çok ekstruder içindeki odun materyalinin ön ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu da enerji geri dönüşümü sağlamaktadır (Vilki, 2006; Gökalp, 2006).

1.5.1.1. Tek Vidalı Ekstruderler

Modern ekstruderlerde hammaddeler vidalar yardımıyla taşınmaktadır. Vida, bir shaft etrafına sarılı helezon şeklinde metal paralel halkalar olarak tanımlanabilir. Vida hareketinin gerçekleştiği silindirik duvarlara sahip kanal ise vidanın devrinsel hareketiyle makaslama ya da parçalanma etkisine maruz kalan alanı temsil eder. Silindirik duvarlarda meydana gelen sürtünme ve vida hareketi, malzemenin ileri doğru çekilmesini ve malzemenin vida ile birlikte aynı yolda ilerlemesini sağlar (Martelli, 1983). Malzemenin ileri doğru taşınma oranı vida yolu çap ve açısıyla, kanal derinliği ve vidanın dönme hızı ile orantılıdır (Wolcott ve Englund, 1999).

Tek vidalı ekstruderler, bitmiş ürün veya yarı mamül birçok üründe kullanılan termoplastiklerin için oldukça kullanışlıdır. Tek vidalı ekstruderler öncelikli olarak sürükleyici ya da itici bir pompa gibidir. Ekstrüzyon işlemi esnasında sürüklenme yüzeyini arttırmak için vidanın hareket ettiği kanal uzunluğu artırılabilir. Kanal boyu ile vida çapı oranı tek vidalı ekstrüzyon işlemi için oldukça önemli bir veridir. Boy-çap oranının artması yüksek sürtünme meydana getirmekte ve bu nedenle benzer ekstrüzyon koşullarında çok daha fazla ileri doğru taşınım ortaya çıkmaktadır. Ekstruderlerde kontrol panelleri

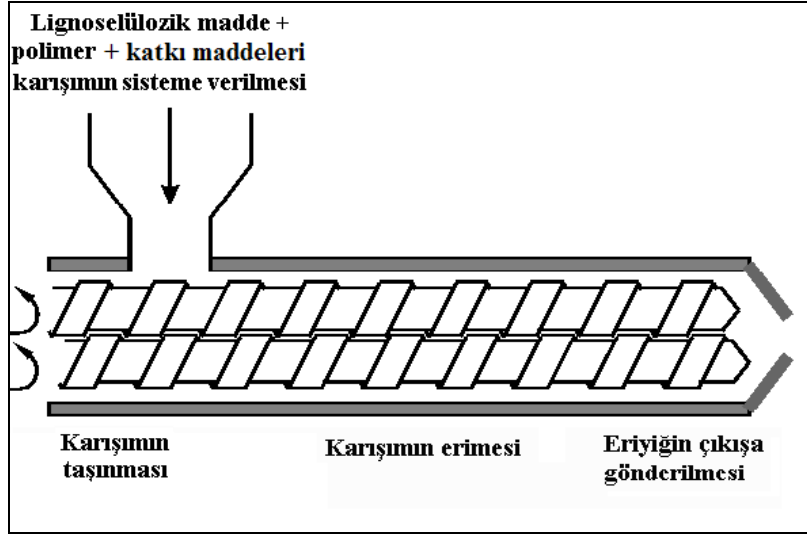
sayesinde kullanan hammaddeye ya da üretim profiline göre program yapabilir ve üretim bandının hızı ayarlanabilir. Üretim esnasında hammaddedeki fazla rutubet ve gazların neden olduğu hava kabarcıklarının ve lekelerin oluşması gaz alma ünitesi ile engellenir. Tek vidalı ekstruderlerde vidanın içine yerleştirildiği silindir çok bölgeye tasarlanır. Bu sayede farklı bölgelere farklı sıcaklıklar uygulanabilmektedir ve soğutma fanları ile sıcaklık istenildiği gibi ayarlanabilir (Stevens, 1985; Gökalp, 2006). Şekil 11’de tek vidalı ekstruderin çalışma sistemi gösterilmiştir.



Şekil 11. Tek vidalı ekstruderin çalışma mekanizması (URL 9, 2011).

1.5.1.2. İkiz Vidalı Ekstruder

İkiz vidalı ekstruderler genellikle, basınç ve karıştırmaya ihtiyaç duyulan ve tek vidalı ekstruderlerin yetersiz kaldığı üretimlerde kullanılır. Şekil 12’de ikiz vidalı ekstruderin çalışma prensibi verilmiştir. Çift vidalı ekstruderler vida dişleri içi içe geçmiş (dişlilere benzer şekilde) vidalı gibi olanlar ve olmayanlar olarak ikiye ayrılır. İç içe geçmemiş vidalı ekstruderler, tek vidalı ekstruderlere benzer şekilde çalışırlar. Burada ileri doğru akış öncelikli olarak vida ve kanal arasında gelişen sürtünme ile sağlanır. İç içe geçmiş vidalı ekstruderler ise malzemenin vida adımlarının birinin üzerinden diğerine geçmesi sağlamaktadır. Bu sayede malzeme homojen bir şekilde karışmaktadır. İç içe geçmiş vidalara sahip ikiz vidalı ekstruderlerde malzeme sürtünme gücü olmaksızın ilerlemektedir. Çünkü malzeme bitişik vidalar arasındaki kanallarda taşınmaktadır.



Şekil 12. İkiz vidalı vidalı ekstruderin çalışma mekanizması (URL 9, 2011).

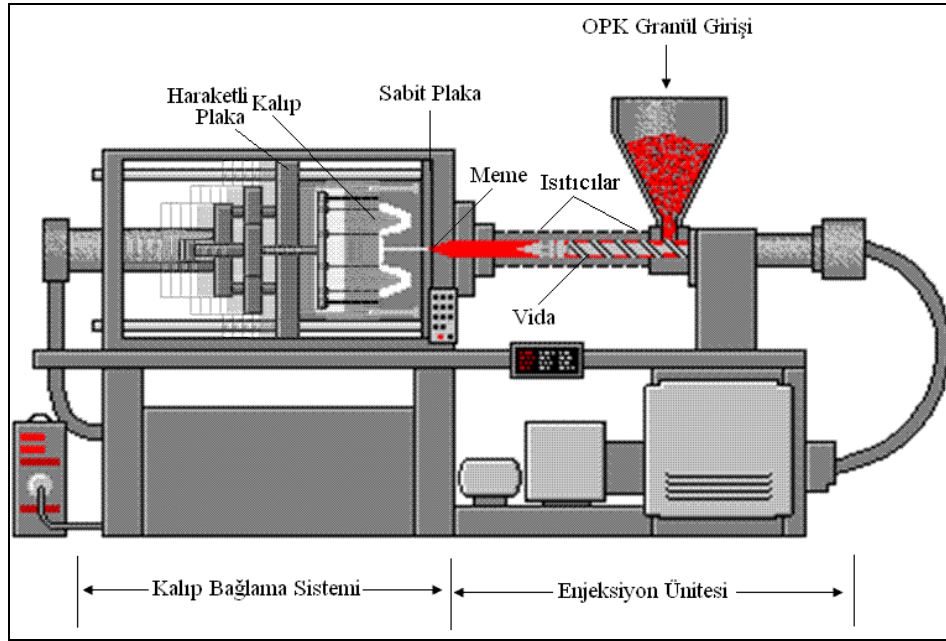
Vidalar, aynı yönde dönenler ve birbirine ters yönde dönenler olmak üzere sınıflandırılabilir. Aynı yönde dönen vidalar, aynı yönde ilerleme sağlarlarken ters yönde dönen vidalar farklı yönde hareket ederler (Martelli, 1983). Ters yönde dönen vidalı ekstruderler, özel profil uygulamaları için gerekli olan yüksek basıncı üretme yeteneğine sahiptirler. Aynı yönde dönen vidalı ekstruderler benzer yüksek basıncı sağlayamamakta, fakat sahip olduğu kusursuz vida dizaynı sayesinde çok iyi karıştırma ve kısa zamanlı bir üretim işlemi sağlamaktadır. Çok kısa üretim zamanı malzemelerin hepsinin aynı parçalanma enerjisi ve sıcaklığa maruz kalmasını sağlar (Rosen, 1993; Wolcot ve Englund, 1999).

İkiz vidalı ekstruderlerin tek vidalı ekstruderlere göre daha yüksek kapasitede, daha düşük hızda çalışabilme, daha iyi ısıl ve mekanik özellikte ürün eldesi gibi üstünlükleri vardır. İkiz vidalı ekstruderler çok kararlı kalitelerde ürün sunması yanı sıra, çok zor malzemelerin ekstrude edilmesini sağlamakta ve tek vidalı ekstruder'a göre çok iyi bir karıştırma kapasitesi yanında üretim maliyetini düşürmektedir (Alavi v.d., 2009; Wolcot ve Englund, 1999).

1.5.2. Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile OPK Üretimi

Enjeksiyon kalıplama yöntemi seri üretimler için en uygun üretim yöntemidir. Genelde enjeksiyon yöntemiyle plastik veya OPK ürünleri 4 kademedede elde edilir (Şekil 13).

- OPK granülleri ya da karışım sıvı hale gelinceye kadar ısıtılır.
- Bir basınç uygulayarak sıvı polimer, *meme* denilen bir geçişten kalıp içine girmesi için zorlanır.
- Kalıp içindeki malzeme katılaşıncaya kadar basınç altında tutulur ve soğuması sağlanır.
- Kalıp açılır ve pim biçimde olan iticilerle parça çıkarılır (Akkurt, 2007;).



Şekil 13. Enjeksiyon kalıplama prosesinin çalışma mekanizması (Akkurt, 2007; URL 9, 2011).

Enjeksiyon prosesinin en önemli üstünlükleri; işlem süresinin çok kısa, atık ürün oluşumunun çok az ve tamamen otomasyona uygun yapıda olmasıdır (Englund, 2001; Akkurt, 2007). Ancak, OPK üretiminde lignoselülozik maddelerinin yüksek oranlarda kullanımı viskoziteyi arttıracığından enjeksiyon yani püskürtme aşamasında sıkıntılara yol açabilmektedir. Bu amaçla viskoziteyi düşürücü katkı maddeleri ile birlikte

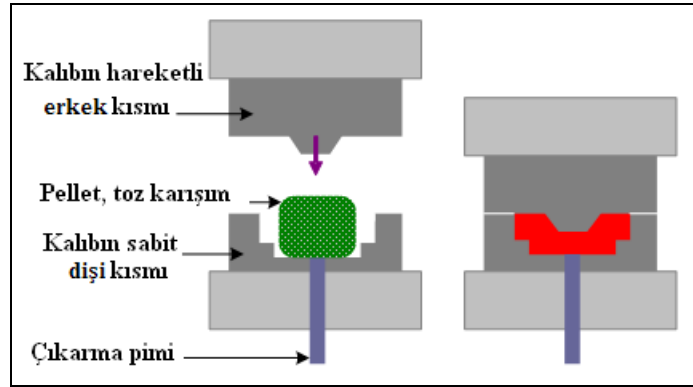
kullanılmalıdırlar (Fulmer, 1999). Enjeksiyon makineleri vidalı enjeksiyon makineleri ve pistonlu enjeksiyon makineleri olmak üzere iki çeşittir.

1.5.3. Basınçlı Kalıplama ile OPK Üretimi

Basınçlı kalıplama ile OPK üretiminde kalıplamadan önce karışımın hazırlanmasında büyük bir özen gösterilmelidir. Elde edilecek ürünün kalitesinin bozulmaması için karışıma havanın temas etmemesine dikkat edilmelidir. Düz preslerde levha şeklinde üretimler yapılabildiği gibi, aşağıdaki Şekilde gösterildiği gibi şekilli presler kullanılarak üretimler gerçekleştirilebilir.

Basınçlı kalıplama ile OPK üretimi 3 aşamada gerçekleşmektedir.

- Toz halindeki karışım ya da pelletler kalıbın dışı kısmının boşluğuna doldurulur.
- Kalıbın erkek kısmı ile basınç uygulanır. Sıcaklığın etkisiyle eriyik hale gelen karışım basıncın etkisiyle kalıbın tüm boşluğunu doldurur.
- Kalıp içerisindeki malzeme tamamen katılaştıktan sonra kalıp açılır, parça itici pimlerin yardımı ile dışarı alınır (Şekil 14) (Akkurt, 2007).



Şekil 14. Basınçlı kalıplama ile OPK üretimi (URL 9, 2011).

Basınçlı kalıplama OPK üretiminde son zamanlarda yaygın bir kullanıma sahip değildir. En büyük dezavantajı ürünün her parçası için ayrı bir kalıp olması gerekmektedir bu yüzden seri üretime uygun değildir ve maliyeti oldukça yüksektir.

1.6. OPK Kullanım Alanları

OPK pazarının geçmiş yıllara bakıldığında sürekli gelişme gösterdiği görülmektedir. Sektörün büyümesi her yıl ortalama % 15 artmaktadır. OPK üzerine olan ilginin büyümesinin sebebi temel anlamda çevresel ihtiyaçlar ve farklı arayışlardır. Plastik ve lignoselülozik odun ve tarımsal atıkları birleştirilerek yeni kompozitler ve kullanışlı ürünler elde edilir.

OPK'ların başlıca kullanım alanları:

1. Çatı ve dış cepe kaplaması,
2. Çit veya parmaklık malzemeleri,
3. Pencere ve kapı kasası,
4. Kaplama, sandal, balkon veya merdiven alt yüzü, araba kontrol paneli,
5. Oyun alanı ekipmanları,
6. Mutfak tezgâhı, masa ve sandalye,
7. Yer döşemesi, raf ve kablo kanalı,
8. Kepenk, korkuluk, prefabrik evler, kilitli geçitler ve marinalar,
9. Çatı kiremitleri, izolasyon panelleri ve beton kalıbı sıkıştırıcıları,
10. Otomotiv endüstrisi,
11. İzolasyon malzemeleri,
12. İnşaat malzemeleri ve profillerdir (Wolcott ve Englund, 1999; Kylosov, 2007; URL 10, 2011).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Lignosellülozik Dolgu Maddeleri

Deneme levhalarının üretiminde lignosellülozik madde olarak çay fabrikası atıkları ve MDF levhalarının zımparalanması sonrası oluşan zımpara tozu kullanılmıştır.

Çay fabrikası atıkları, Artvin Lipton Çay Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Bu atıklar yaş çaydan, kuru çay elde edilmesi işlemlerinde eleme işlemi sonrasında oluşan lifsel atıklardır. Çay fabrikası atıklarının kimyasal bileşimleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Çay fabrikası atıklarının kimyasal bileşimi (Dönmez Çavdar v.d., 2011).

Kimyasal Bileşimi	%
Holoselüloz Oranı	53.45
Selüloz Oranı	23.23
Lignin Oranı	32.14
Alkol Benzen Çözünürlüğü	18.94
Soğuk Su Çözünürlüğü	23.16
Sıcak Su Çözünürlüğü	32
1 % NaOH Çözünürlüğü	69.24

MDF zımpara tozları, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş.'de Gebze MDF fabrikasından temin edilmiştir. Zımpara tozları; sarıçam, kayın, meşe ve ticari cips lifleri ve %65'lik katı içerikli üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş MDF levhalarının zımparalanma sonrası oluşan atıklardır.

2.1.2. Termoplastik Polimerler

Deneme levhalarının üretiminde polimer olarak PETKİM Sanayi'den temin edilen yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen kullanılmıştır.

2.1.2.1. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan yüksek yoğunluklu polietilenin özellikleri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Yüksek yoğunluklu polietilenin özellikleri

Ticari kodu	S 0464
Görünüş	Pellet
Erime Akış Hızı (2160 gr, 190°C)	0.25-0.45 gr/10dak
Yoğunluk (23°C)	0,962-0,966 gr/cm ³
Gerilme Dayanımı (Akma Noktasında)	270 kg/cm ²

2.1.2.2. Polipropilen (PP)

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan polipropilenin özellikleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Polipropilenin özellikleri

Ticari Kodu	MH 418
Görünüş	Pellet
Erime Akış Hızı (2160 gr, 190°C)	4.0-6.0 gr/10d
Yoğunluk (23°C)	0.905 gr/cm ³
Gerilme Dayanımı (Akma Noktasında)	350 kg/cm ²

2.1.3. Birleştirici Kimyasallar

Deneme levhalarının üretiminde birleştirici (coupling agent) olarak Clariant firmasından temin edilen maleik anhidrit ile aşılınmış polietilen ve maleik anhidrit ile aşılınmış polipropilen kullanılmıştır.

2.1.3.1. Maleik Anhidrit ile Aşlanmış Polietilen (MAPE)

Deneme levhaların üretiminde kullanılan maleik anhidrit ile aşlanmış polipropilene ait özellikler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Maleik anhidrit ile aşlanmış polietilenin özellikleri

Ticari Adı / Ticari Kodu	Licocene PE MA 4351
Görünüş	Beyaz toz
Yumuşama Noktası	123 °C
Asit Değeri	43 mg KOH/g
Yoğunluk (23°C)	0,99 g/cm ³
140°C de Viskozite	300 cPs

2.1.3.2. Maleik Anhidrit ile Aşlanmış Polipropilen (MAPP)

Deneme levhaların üretiminde kullanılan maleik anhidrit ile aşlanmış polietilene ait özellikler Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Maleik anhidrit ile aşlanmış polietilenin özellikleri

Ticari Adı / Ticari Kodu	Licomont AR 504
Görünüş	Sarımsı toz
Yumuşama Noktası	156 °C
Asit Değeri	41 mg KOH/g
Yoğunluk (23°C)	0,91 g/cm ³
140°C de Viskozite	800 cPs

2.1.4. Yağlayıcı Madde

Deneme levhalarının üretiminde yağlayıcı madde olarak Öztin Kimya Sanayi’nden temin edilen parafin vaks kullanılmıştır. Parafin vaks a ait özellikler Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Parafin vaksın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Ticari Adı	Parafin vaks
Görünüş	Beyaz Toz
Kimyasal Formülü	$C_{18}H_{38}$
Yumuşama Noktası	56-58 °C
Yoğunluk (23°C)	0.93 g/cm ³

2.1.5. Yangın Geciktirici Maddeler

Deneme levhalarının üretiminde alüminyum trihidrat ve çinko borat kullanılmıştır.

2.1.5.1. Alüminyum Trihidrat

Deneme levhalarının üretiminde yangın geciktirici özellik kazandırma amacıyla Poliya Poliester Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'den temin edilen alüminyum trihidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Alüminyum trihidratın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Ticari Adı	Apryl 16
Görünüş	Beyaz Toz
Kimyasal Formülü	$Al(OH)_3$
Kaynama Noktası	2980 °C
Yoğunluk (23°C)	2,4 g/cm ³
pH (20°C)	8-9

2.1.5.2. Çinko Borat

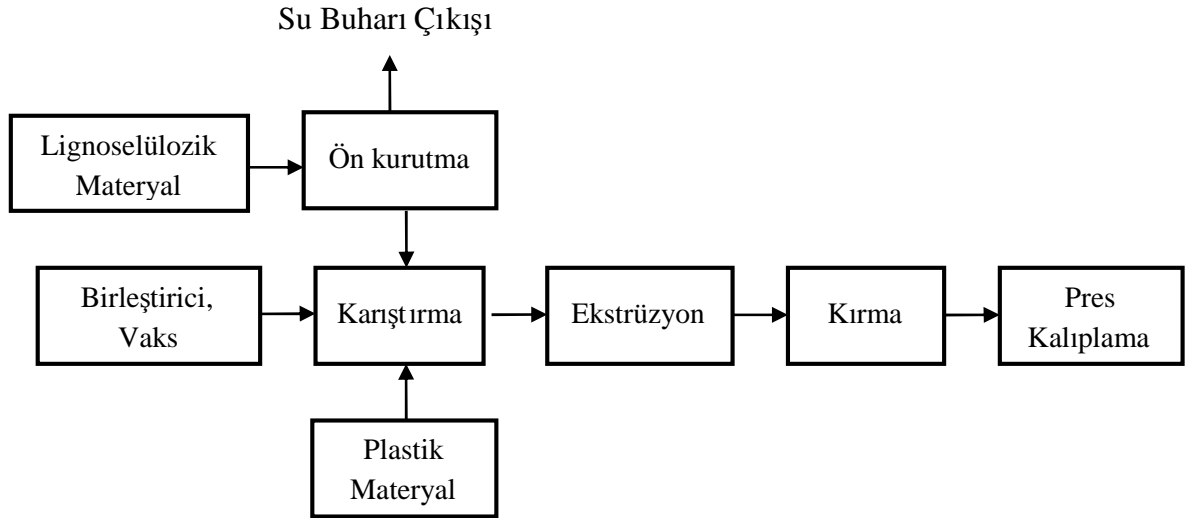
Deneme levhalarının üretiminde yangın geciktirici özellik kazandırma amacıyla Büyük Mıhçılar Bor Teknolojileri sanayi grubundan temin edilen BMWP 2335 tipi çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Formül Yapısı	$2ZnO.3B_2O_3.3.5H_2O$
Molekül Ağırlığı	434.66
Kristal Yoğunluk (g/cc)	2.79
Görünüm	Beyaz, kokusuz toz
Çözünürlük (oda sıcaklığında suda)(%)	< 0.28
Ortalama Tane Boyutu	7 mikron
Stabilite	290°C'ye kadar termal olarak stabil

2.2. Lignoselülozik Dolgu Maddeli Termoplastik Kompozitleri Üretimi

Deneme levhalarının üretim akış şeması Şekil 15'de verilmiştir. Bu bölümde yer alan laboratuvar tipi üretimler Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında, endüstriyel tipi üretimler ise Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş.-Gebze tesisinde gerçekleştirilmiştir.



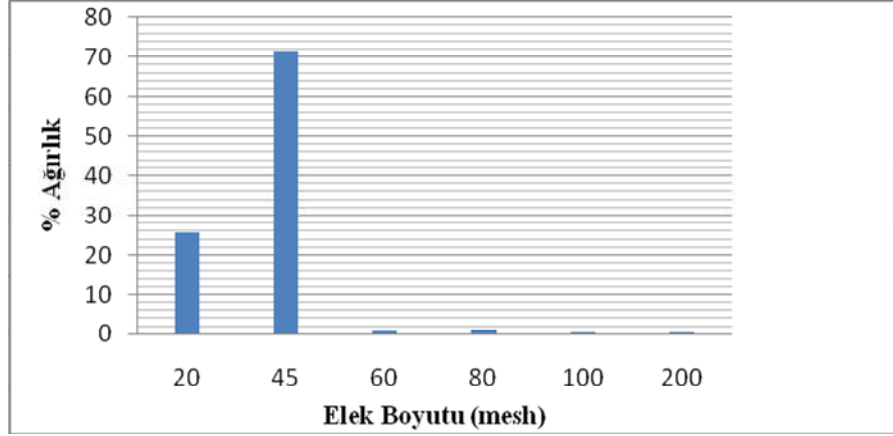
Şekil 15. Lignoselülozik dolgu maddeli termoplastik kompozit levhaları üretim akış diyagramı.

2.2.1. Lignoselülozik Dolgu Maddelerinin Hazırlanışı

Artvin Lipton çay fabrikalarından temin edilen çay atıkları öncelikle Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yonga Pilot Tesisinde bulunan Hildebrand marka

ince yongalama makinesinden geçirilerek yine aynı tesiste bulunan 0.5 mm'lik sarsak elekten elenmiştir.

Sarsıntılı elekten geçirilen çay atığında yonga boyutlarını belirlemek için eleme yapılmıştır. Bunun için 1kg çay atığı; 20, 45, 60, 80, 100 ve 200 mesh'lik eleklerde 10 dakika süre ile elenmiş ve elde edilen çay atıkları tartılmıştır. Şekil 16'da yapılan elek analizi sonucu grafiği verilmiştir.



Şekil 16. Çay fabrikası atık liflerine ait elek analizi sonuçları

Bu analiz sonucunda Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ), Orman Fakültesinde bulunan Şekil 17'de verilen 20, 45, 60, 80, 100 ve 200 mesh'lik gruplarına ayırma yeteneğine sahip laboratuvar tipi sarsak elekten ikinci kez elenmiştir ve 45 mesh'lik elekten geçip 60 mesh boyutundaki eleğin üzerinde kalan çay fabrikası atık lifleri kullanılmıştır.



Şekil 17. Sarsak elek

Seçilen endüstriyel şirketin üretim hattından üretim sonrası elde edilen zımpara atıkları sarsak elekten elenerek sınıflandırılmıştır. 200 mesh olarak belirlendiği için ekstra bir elemeye gereksinim duyulmamıştır.

Sınıflandırılmış lignoselülozik dolgu maddeleri laboratuvar tipi kurutma fırınında 103°C’de 24 saatlik kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

2.2.2. Karıştırma

Kurutulan lignoselülozik dolgu maddeleri, plastik hammadde ve levha tiplerine bağlı olarak kullanılacak diğer kimyasal maddeler laboratuvar tipi üretimler için KSÜ Orman Fakültesinde bulunan, Şekil 18’de gösterilen yüksek devirli karıştırıcılarda 10 dakika süre ile karıştırılarak karışımın homojen olması sağlanmıştır. Lignoselülozik dolgu maddeleri dışında plastik ve diğer kimyasallar herhangi bir işleme tabi tutulmadan direk temin edildiği şekilde kullanılmışlardır.



Şekil 18. Laboratuvar tipi karıştırıcı

Endüstriyel tipi üretimler için Şekil 19’da gösterilen 200 lt/dak ve dönüş hızı 480/970/dak kapasiteli karıştırıcı kullanılmıştır.



Şekil 19. Endüstriyel tipi karıştırıcı

2.2.3. Ekstrüzyon

Elde edilen homojen karışımlar laboratuvar tipi üretimler için KSÜ Orman Fakültesinde bulunan tek vidalı ekstruder (Şekil 20) içerisine besleme ağzından verilmiştir. Tek vidalı ekstruder içerisindeki vidanın dönme hızı dakikada 40 devir olacak şekilde ayarlanmıştır. Beş farklı ısıtma bölgesine sahip olan ekstruder içerisindeki sıcaklıklar tüm üretimler için 170, 175, 180, 185 ve 190°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruder içerisine gelen karışım, sıcaklığın ve kovan içerisindeki sürtünmenin etkisi ile erimeye başlamış ve vida yardımıyla ekstruder içerisinde ileriye ekstruder çıkışına doğru yönlendirilmiştir. Kafadan (die) çıkan erimiş haldeki karışım kesilerek soğuk su banyosu içerisine soğutulmuş ve sertleşmesi sağlanmıştır.



Şekil 20. Tek vidalı laboratuvar tipi ekstruder

Endüstriyel tipi üretimler için vida çapları 72mm, L/D uzunluk/çap oranı: 40/1 ve çıkış kapasitesi; 200 ~ 300kg/h olan aynı yönde dönen (co-rotary) ikiz vidalı ekstruder (Şekil 21) kullanılmıştır. Elde edilen homojen karışım ekstrudere içerisine besleme ağzından verilmiştir. İkiz vidalı ekstruder içerisindeki vidaların dönme hızları 200 devir olacak şekilde ayarlanmıştır. 10 farklı ısıtma bölgesine sahip olan ekstruder içerisindeki sıcaklıklar tüm üretimler için 175, 180, 180, 185, 190, 190, 190, 190, 190 ve 200 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Kafadan (die) çıkan erimiş haldeki karışım kesilerek soğutucu hava transfer boruları ile donatılmış hava soğutma sistemi ile sertleşmesi sağlanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 21. (a) İkiz vidalı endüstriyel tipi ekstruder, (b) Ekstruderden çıkan pelletlerin soğumasını sağlayıcı sistem

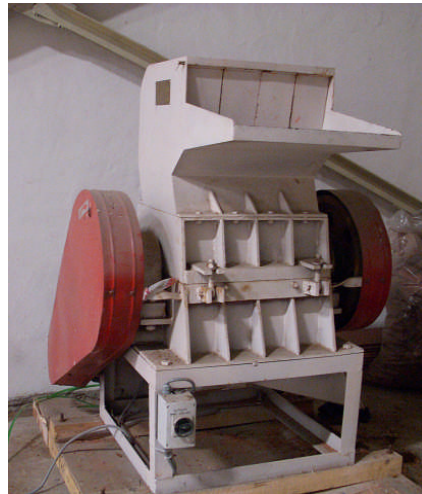
2.2.4. Kırma

Ekstruderin ucunda bulunan kafadan çıkan pelletler soğutulduktan sonra laboratuvar tipi üretimler için KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Şekil 22'deki laboratuvar tipi kırıcıda küçük parçacıklar haline getirilmiştir.



Şekil 22. Pellet kırma makinesi

Endüstriyel tipi kırma işlemi Şekil 23'te gösterilen 3 adet dönüş bıçağına sahip, kırma derecesi 3-8 mm olan, 200-350kg/h kapasiteli kırma makinesi kullanılmıştır.



Şekil 23. Endüstriyel tipi kırma makinesi

2.2.5. Kurutma

Laboratuar ve endüstriyel tipi üretimlerde, kırıcılarda granül haline getirilen pelletler 103 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde tam kuru hale gelinceye dek kurutulmuştur.

2.2.6. Presleme

Laboratuar ve endüstriyel tipi üretimlerde elde edilen granül halindeki pelletler kurutulduktan sonra 80 g civarındaki pelletler, KSÜ Orman Fakültesinde bulunan 200°C'ye kadar ısıtılmış olan sıcak pres (Şekil 24) içerisinde 5mm kalınlığında, 200mm x 200mm boyutlarında bir plaka içerisine serilmiştir. Bu levha taslağı 20 dakika süre ile 5-7 kg/cm² basınç altında preslenmiş ve plakalar presleme sonrası su yardımıyla soğutulmuştur. Her levha tipi için 8'er levha üretilmiştir. Presleme sonrası levhalar 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem içeren klima odasında 3 hafta süre boyunca iklimlendirilmiştir.



Şekil 24. Laboratuar tipi hidrolik sıcak pres

2.3. Deneme Levha Tipleri

Deneme levhalarının üretimleri lignoselülozik hammadde oranının belirlenmesi, birleştirici kimyasal oranının belirlenmesi ve yangın geciktirici kimyasallarla muamele

edilmesi olarak 3 farklı başlık altında gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda ticari reçeteler kullanılarak endüstriyel boyutta üretimler de ayrı bir başlık altında gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

Çalışmada ilk aşama olarak lignoselülozik dolgu maddesinin termoplastik kompozitler üzerine etkileri amaçlanmıştır. Termoplastik malzemeye %0-10-20-30-40-50 oranında lignoselülozik dolgu maddesi ilave edilmiştir. Tablo 13'te levha tipleri verilmiştir.

Tablo 13. Deneme levha tipleri

Levha Tipi	Hammadde Tipi	Hammadde Kullanım Oranı (%)	Plastik Tipi	Plastik Kullanım Oranı (%)
Ç1	ÇFA	10	YYPE	90
Ç2	ÇFA	20	YYPE	80
Ç3	ÇFA	30	YYPE	70
Ç4	ÇFA	40	YYPE	60
Ç5	ÇFA	50	YYPE	50
Ç6	ÇFA	10	PP	90
Ç7	ÇFA	20	PP	80
Ç8	ÇFA	30	PP	70
Ç9	ÇFA	40	PP	60
Ç10	ÇFA	50	PP	50
L1	MDFZT	10	YYPE	90
L2	MDFZT	20	YYPE	80
L3	MDFZT	30	YYPE	70
L4	MDFZT	40	YYPE	60
L5	MDFZT	50	YYPE	50
L6	MDFZT	10	PP	90
L7	MDFZT	20	PP	80
L8	MDFZT	30	PP	70
L9	MDFZT	40	PP	60
L10	MDFZT	50	PP	50
YYPE	Saf	0	YYPE	100
PP	Saf	0	PP	100

ÇFA: Çay fabrikası atığı; MDFZT: MDF zımpara tozu; YYPE: Yüksek yoğunluklu polietilen; PP: Polipropilen

Bu bölümde, ekstruderde yaşanan çalışma zorluğu ve üretilen levhalara ait mekanik ve fiziksel özellikler değerlendirildiğinde optimum sonuç olarak lignoselülozik madde oranı %40 olarak belirlenmiş ve diğer bölümlerde bu belirtilen lignoselülozik madde oranı ile üretimler gerçekleştirilmiştir.

2.3.2. Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

İkinci aşama olarak ilk aşamada belirlenen lignoselülozik dolgu madde oranı (%40) sabit tutularak birleştirici kimyasal oranının termoplastik kompozitler üzerine etkileri araştırılmıştır. Termoplastik malzemeye %1, 3 ve 5 oranlarında birleştirici kimyasallar katılmıştır. Bu OPK'ların üretiminde %3 oranında vaks kullanılmıştır. Tablo 14'te levha tipleri verilmiştir.

Tablo 14. Deneme levha tipleri

Levha Tipi	Lignoselülozik Madde Kullanım Oranı (%40)	MAPP/MAPE	MAPP/MAPE Kullanım Oranı (%)	Plastik Tipi
Ç11	ÇFA	MAPE	1	YYPE
Ç12	ÇFA	MAPE	3	YYPE
Ç13	ÇFA	MAPE	5	YYPE
Ç14	ÇFA	MAPP	1	PP
Ç15	ÇFA	MAPP	3	PP
Ç16	ÇFA	MAPP	5	PP
L11	MDFZT	MAPE	1	YYPE
L12	MDFZT	MAPE	3	YYPE
L13	MDFZT	MAPE	5	YYPE
L14	MDFZT	MAPP	1	PP
L15	MDFZT	MAPP	3	PP
L16	MDFZT	MAPP	5	PP

ÇFA: Çay fabrikası atığı; MDFZT: MDF zımpara tozu; YYPE: Yüksek yoğunluklu polietilen; PP: Polipropilen; MAPE: Maleik anhidritle aşılınmış polietilen; MAPP: Maleik anhidritle aşılınmış polipropilen

Bu bölümde, üretilen levhalara ait fiziksel ve mekanik özellikler değerlendirildiğinde optimum birleştirici kimyasal madde oranı %3 olarak belirlenmiş ve diğer bölümde ise bu belirtilen birleştirici kimyasal madde oranı ile üretim gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

Üçüncü aşama olarak ilk ve ikinci aşamada belirlenen lignoselülozik dolgu madde ve birleştirici kimyasal oranları sabit tutularak, yangın geciktirici kimyasal kullanım oranının termoplastik kompozitlerin yanma özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu gruptaki OPK'ların üretiminde de %3 oranında vaks kullanılmıştır. Tablo 15'de levha tipleri verilmiştir.

Tablo 15. Deneme levhası tipleri

Levha Tipi	Hammadde Tipi (%40)	ATH/ ÇB	ATH/ ÇB (%)	Plastik Tipi	MAPE/MAPP	MAPE/ MAPP (%)
Ç17	ÇFA	ATH	20	YYPE	MAPE	3
Ç18	ÇFA	ATH	40	YYPE	MAPE	3
Ç19	ÇFA	ATH	20	PP	MAPP	3
Ç20	ÇFA	ATH	40	PP	MAPP	3
Ç21	ÇFA	ÇB	3	YYPE	MAPE	3
Ç22	ÇFA	ÇB	6	YYPE	MAPE	3
Ç23	ÇFA	ÇB	3	PP	MAPE	3
Ç24	ÇFA	ÇB	6	PP	MAPE	3
L17	MDFZT	ATH	20	YYPE	MAPE	3
L18	MDFZT	ATH	40	YYPE	MAPE	3
L19	MDFZT	ATH	20	PP	MAPP	3
L20	MDFZT	ATH	40	PP	MAPP	3
L21	MDFZT	ÇB	3	YYPE	MAPE	3
L22	MDFZT	ÇB	6	YYPE	MAPE	3
L23	MDFZT	ÇB	3	PP	MAPE	3
L24	MDFZT	ÇB	6	PP	MAPE	3

ÇFA: Çay fabrikası atığı; MDFZT: MDF zımpara tozu; YYPE: Yüksek yoğunluklu polietilen; PP: Polipropilen; MAPE: Maleik anhidritle aşlanmış polietilen; MAPP: Maleik anhidritle aşlanmış polipropilen; ATH: Alüminyum trihidrat; ÇB: Çinko borat

2.3.4. Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretimler

Bu bölümde diğer bölümlerden farklı olarak üretimlerde ticari reçete uygulanmıştır. Lignoselülozik dolgu maddeleri (çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu) ve termoplastik polimerler (YYPE ve PP) esas alınarak 4 farklı üretim gerçekleştirilmiştir. Tablo 16'da levha tipleri verilmiştir.

Tablo 16. Deneme levhası tipleri

Levha Tipi	Hammadde Tipi	Plastik Tipi
Ç25	ÇFA	YYPE
Ç26	ÇFA	PP
L25	MDFZT	YYPE
L26	MDFZT	PP

ÇFA: Çay fabrikası atığı, MDFZT: MDF zımpara tozu

2.4. Araştırma Yöntemi

Deneme levhalarında fiziksel özelliklerden yoğunluk, su alma oranı ve kalınlık artışı oranı belirlenmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü, kopmada uzama miktarı ve darbe direnci belirlenmiştir. Aynı zamanda ısıl, yanma, biyolojik ve morfolojik özellikler de belirlenmiştir.

2.4.1. Fiziksel Özellikler

2.4.1.1. Yoğunluk

Bu ölçümler KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme levhalarının yoğunlukları ASTM D 792 standardında belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Yoğunluk testi, örnek boyutu standartta herhangi bir boyut olarak ifade edildiğinden darbe direnci sonrası kalan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney örneklerinin ilk olarak havadaki ağırlıkları belirlenmiş, ardından örnekler bir batırıcı yardımı ile 23° C sıcaklıktaki destile su içerisine tamamen daldırılarak sudaki ağırlıkları ölçülmüştür. Aşağıdaki formül yardımı ile yoğunlukları hesaplanmıştır ve tüm levha tipleri için gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{)} = d_s \times \frac{m_h}{m_s}$$

m_h = Örneğin havadaki ağırlığı (g)

m_s = Örneğin sudaki ağırlığı (g)

d_s = Suyun yoğunluğu = 0.9975 g/cm³

2.4.1.2. Su Alma Oranı

Su alma oranı ASTM D 1037 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Bu ölçümler KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. 50x50x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanmış örneklerin ağırlığı ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra örnekler, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmak suretiyle ile 20 ± 2 °C'lik suda deney süresince bekletilmişlerdir. Ölçümler, 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak yapılmıştır. Bu süreler sonunda sudan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla su bir bezle silinmiş ve ağırlıkları aynı hassasiyetle $\pm 0,01$ gr duyarlıklı terazide tartılmıştır. Su alma oranı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak tüm levha tipleri için gerçekleştirilmiştir.

$$SA = \frac{m_y - m_k}{m_k} \times 100$$

SA = Su alma oranı (%)

m_k = Örneğin ilk ağırlığı (g)

m_y = Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g)

2.4.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Kalınlık artış oranları EN 317'de belirtilen esaslara uygun olarak 50 x 50mm boyutlarında örnekler üzerinde belirlenmiştir. Bu ölçümler KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Örnek, kalınlıkları tam orta noktasında 0.01mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülerek, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmak suretiyle, 19–21°C sıcaklıktaki temiz suda deney süresince bekletilmişlerdir. Ölçümler 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde

periyodik olarak yapılmıştır. Bu süreler sonunda sudan çıkartılan örneklerin fazla suları bir bezle alınmış ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülmüştür. Kalınlık artışları (KA), aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100$$

KA = Kalınlık artış oranı (%)

e_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

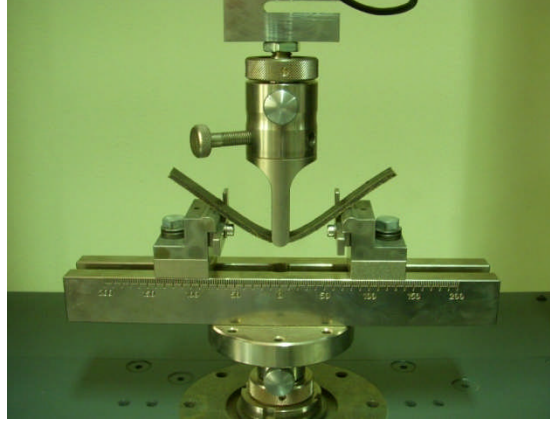
e_k = İklimlendirilmiş örnek kalınlığı (mm)

2.4.2. Mekanik Özellikler

Deneme levhalarının mekanik özellikleri; eğilme özellikleri, çekme özellikleri ve darbe direnci olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ölçümler KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Mekanik testler ilgili Amerikan Standartları (ASTM)'na uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.4.2.1. Eğilme Özellikleri

Eğilme özellikleri (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü) Şekil 25'de gösterilen KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Zwick/Roell Z010 Universal Test Makinesi kullanılarak ASTM D 790 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 120 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Deney esnasında levha örneklerinin yerleştirildiği dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 2 mm/dak. olarak ayarlanmıştır. Deneme 3 nokta eğilme testi olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 25. Eğilme test düzeneği

Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} (N / mm^2)$$

F = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

L = Dayanak noktalan arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{F \times l^3}{4 \times b \times d^3 \times \Delta} (N / mm^2)$$

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

l = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

Δ = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

Eşitliklerinden yararlanılarak deney esnasında üniversal test makinasına ait bilgisayar programında otomatik olarak hesaplanmıştır.

2.4.2.2. Çekme Özellikleri

Çekme testi (çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama) Şekil 26'da gösterilen KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Zwick/Roell Z010 Üniversal Test Makinesi deney düzeneğinde ASTM D 638 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 165 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test hızı 5 mm/dak. olarak ayarlanmıştır.



Şekil 26. Çekme test düzeneği

Çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı aşağıdaki eşitlikler esas alınarak deney esnasında üniversal test makinasına ait bilgisayar programında otomatik olarak hesaplanmıştır.

Çekme Direnci;

$$\delta_{\zeta d} = \frac{F_{\max}}{A} (N / mm^2)$$

$$\delta_{\zeta d} = \text{Çekme direnci (N/mm}^2\text{)}$$

$$F_{\max} = \text{Kırılma anındaki max. kuvvet (N)}$$

$$A = \text{Örnek enine kesit alanı (mm}^2\text{)}$$

Çekmede Elastikiyet Modülü;

$$E = \frac{\delta_{\text{çd}}}{\varepsilon} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

E = Çekmede Elastikiyet Modülü (N/mm²)

$\delta_{\text{çd}}$ = Çekme Direnci (N/mm²)

ε = Çekme deneyi kopma sırasında oluşan birim uzama

Kopmada Uzama Miktarı;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \text{ (\%)}$$

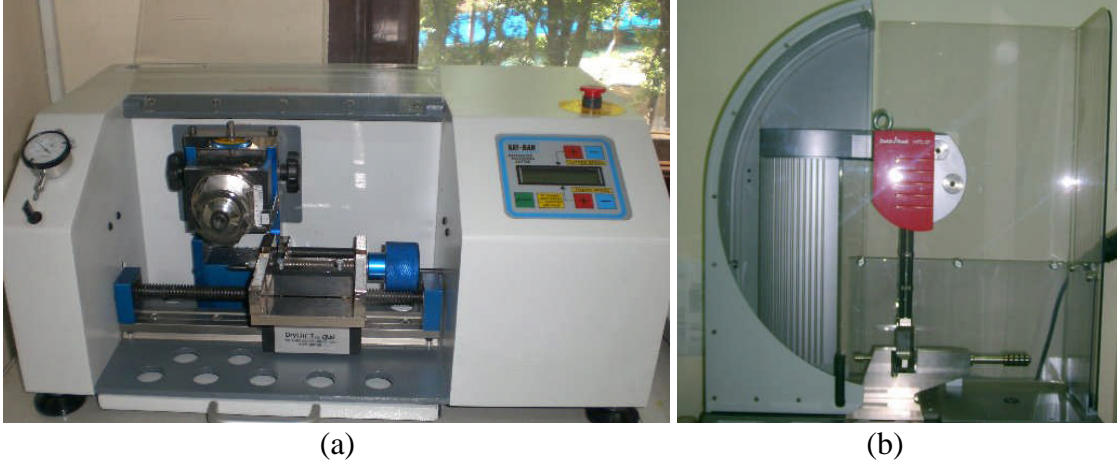
ΔL = Birim uzama (mm)

L_0 = Örnek boyu (mm)

ε = Kopmada uzama miktarı (%)

2.4.2.3. Darbe Direnci

Darbe direnci testi ASTM D 256 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İklimlendirilen test örnekleri 5 x 13 x 65 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test öncesi örnekler üzerinde Şekil 27 (a)'da gösterilen KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Polytest RayRan cihazı yardımıyla çentik açılmıştır. Daha sonra çentikli örnekler Izod darbe direncini belirlemek amacıyla Zwick/Roell HIT 5.5P (Şekil 27 (b)) makinesinde test edilmiştir.



Şekil 27. Çentikli deney örneği (a) Polytest RayRan çentik açma aleti, (b) Zwick/Roell HIT5.5P. darbe test cihazı

Darbe Direnci aşağıdaki formül esas alınarak test sırasında Zwick/Roell HIT5.5P. Darbe test cihazına at bilgisayar programında j/m cinsinden otomatik olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Darbe Direnci (Kırılma enerjisi)} = G(h - h_1) = GL(\cos\beta - \cos\alpha)$$

G = Sarkacın ağırlığı (kg)

L = Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı (m),

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m),

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m),

α = Düşme açısı (derece),

β = Yükseliş açısı (derece)

2.4.3. Isıl Özellikler

Üretilen levhaların termal özellikleri KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

2.4.3.1. Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)

TGA örnek ağırlığının, deney esnasında sıcaklık ya da zamana göre değişiminin ölçümüdür. DTG ise TGA eğrilerinin sıcaklık ya da zamana bağlı birinci türevi alınarak elde edilir. Bu değerlerde ağırlık değişimini göstermektedir.

TGA analizi, çalışmanın ilk ve ikinci basamağında belirlenen oranlardaki levha tipleri ve üçüncü basamaktaki tüm levha tipleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler İKA marka öğütücü yardımıyla 1mm boyutuna kadar öğütülmüştür. Analizler Şekil 28’de gösterilen KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Shimadzu TGA-50 marka cihazda gerçekleştirilmiştir. Azot gazı akış hızı 20 mL/min, sıcaklık oda sıcaklığından 700°C’ye 10°C/dak.’lık sıcaklık artışı olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 28. TGA analiz test cihazı

2.4.3.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi (DSC)

DSC analizi, malzemenin ısıtılması, soğutulması ve eş sıcaklıkta tutulmasıyla oluşan enerji farklılıklarındaki değişimlerini belirlemek için kullanılır.



Şekil 29. DSC analiz test cihazı

Örnekler İKA marka öğütücü yardımıyla 1mm boyutuna kadar öğütülmüşlerdir. Analizler Şekil 29’da gösterilen KSÜ Orman Fakültesinde bulunan Shimadzu DSC–60 marka cihazda gerçekleştirilmiştir. DSC analizi esnasında ise sıcaklık oda sıcaklığından 500°C’ye kadar 10°C/dak ısıtma oranında artırılmıştır. Azot gazının akış hızı ise 30 mL/dak olarak ayarlanarak deney yapılmıştır.

2.4.4. Sınırlayıcı Oksijen İndeks Testi

Sınırlayıcı oksijen indeks testi, ASTM D 2863-06a standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu test ile bir materyalin sadece alevli yanmasını destekleyecek olan bir oksijen-azot karışımı içindeki minimum oksijen konsantrasyonu ölçülmektedir. Bu standart test yöntemi, deney koşulları altında alevli yanmanın devam ettirilmesi için gereken minimum oksijen miktarını belirlemeyi sağlamaktadır. Buna göre; yanma özelliği yüksek materyaller düşük oksijen indeksine, yanma özelliği düşük materyaller yüksek oksijen indeksine sahip olmaktadır. Üretilen levhalarının sınırlayıcı oksijen indeks testi Şekil 30’da görülen test düzeneğinde, ODTU Kimya Mühendisliği Polimer Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 30. Oksijen indeks test düzeneği

Örnekler test öncesi standartta belirtildiği şekilde kondüsyonlanmıştır. Daha sonra 100 x 15 x 5 (mm) boyutlarında kesilmiştir. Her grup için 4 tekrar yapılmıştır.

2.4.5. Çürüklük Testi

Modifiye edilmiş çürüklük testi, EN 113 standardına uygun olarak 10x10x5 mm boyutlarındaki levha örneklerin kullanılmasıyla KTÜ, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mikoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney öncesinde örnekler değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve tam kuru ağırlıkları (tö) belirlenmiştir. Çürüklük testi; kontrol ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levha örneklerinde malt agar ortamında 5 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Üretilen levha örneklerinin yanı sıra mantar çürüklük testinin başarılı olup olmadığını belirlemek amacıyla kayın ve sarıçam odun örnekleri referans olarak kullanılmıştır. Çürüklük testi, esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteana* ve beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor* olarak iki farklı mantar türü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1 lt saf suya 48 g malt ekstrakt-agar konularak hazırlanan çözeltinin homojen hal alması için manyetik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılmıştır. Çözeltiyi sterilize etmek için 1 lt lik erlenlerin ağzları alüminyum folyo ile kapatılmış, 121 °C deki bir otoklavda 30 dk bekletilmiş ve süre sonunda otoklavdan çıkarılarak UV ışığı altında steril kabinde soğumaya bırakılmışlardır. Agar çözeltisinin dökme kıvamına gelmesiyle her steril plastik petri kabına bir miktar agar aktarılmış ve 1

gün boyunca UV kabininde bekletilmişlerdir. Agar çözeltilerinin iyice donması sağlandıktan sonra petri kaplarına *Coniophora puteana* ve *Trametes versicolor* mantarı aşılantmıştır. Misellerin petri kaplarına iyice sarması için 20°C ve %65 bağıl nem koşullarındaki klima dolabında bir hafta bekletilmiştir. Daha sonra örnekler tekrar otoklavda 120°C’de 40 dakika steril edilmişlerdir. Soğuduktan sonra her bir petri kabına 1 test ve 1 kontrol örneği yerleştirilmiştir. 8 hafta 20°C ve %65 bağıl nemli bir odada mantar saldırısına bırakılan örneklerin deney sonrasında da tam kuru ağırlıkları (t_s) belirlenerek ağırlık kayıpları (%) aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmış ve biyolojik direnç özellikleri değerlendirilmiştir.

$$AK = \frac{t_{\ddot{o}} - t_s}{t_{\ddot{o}}} \times 100$$

AK = Ağırlık Kaybı (%)

$t_{\ddot{o}}$ = Test öncesi ağırlık (g)

t_s = Test sonrası ağırlık (g)

İnkübasyon süresi sonunda *Trametes versicolor* mantar örneklerinde herhangi bir ağırlık kaybı gerçekleşmediği için mantar çürüklük testi değerlendirmesi sadece *Coniophora puteana* mantarı ile aşılantmış test örnekleri üzerinden yapılmıştır.

2.4.6. Morfolojik Özellikler (SEM)

SEM çekimleri KTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında kompozit malzemelerle ilgili taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri ZEISS marka ve EVO LS 10 model makine üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde, örnekler sıvı azot içerisinde bir süre bekletildikten sonra sert bir cisim yardımıyla kırılarak temiz bir kırık yüzey (fractured surface) elde edilmiştir. Örnek yüzeyinden meydana gelebilecek yansımaları ortadan kaldırmak amacıyla kırık yüzeyler altın tozuyla 10 mA de 120 sn süreyle kaplama işlemine tabi tutulmuşlardır. Daha sonra kaplanmış örneklerden SEM görüntüleri dijital ortamda elde edilerek CD’ye kopyalanmıştır.

2.5. İstatistik Yöntemler

Yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla, ikiden fazla örnek ve iki faktör söz konusu olduğundan çoğul varyans analizi (ÇVA) kullanılarak değişkenlerin etkilerinin anlamlı olup, olmadıkları belirlenmiştir. Etkilenmenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler Duncan testi ile karşılaştırılmıştır. Duncan testinin yapılabilmesi için en az üç grup olması gerektiğinden levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine ait homojenlik grupları sadece lignoselülozik dolgu maddesi, birleştirici kimyasal maddeler ve yangın geciktirici maddelerin kullanım oranlarının üzerinde uygulanmıştır. Termoplastik polimer tipi için homojenlik grupları belirlenmemiştir. Uzun süreli su alma oranı ve kalınlık artış oranı için ÇVA'nın tekrarlı ölçümler (repeated measure) testi yapılmış olup, ayrıca sürenin etkisi belirlenmemiştir. Dördüncü bölümde ticari reçetelerle üretilen levhaların aralarında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi (BVA) ve homojenlik gruplarını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır. Bu amaçla SPSS 13.0 İstatistik Paket Programı kullanılmıştır.

2.6. Deneme Desenleri

Bu çalışmanın her bölümüne ait incelenen levha özellikleri levha tiplerine göre Tablo 17-20 arasında detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 17. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni

Levha Tipleri	Fiziksel Özellikler			Mekanik özellikler			Isıl Özellikler		Oksijen indeksi	Morfolojik özellikler (SEM)	Çürüklük
	Yoğunluk	Su alma oranı	Kalınlık artış oranı	Eğilme özellikleri	Çekme özellikleri	Darbe direnci	TGA	DSC			
Ç1	+	+	+	+	+	+				+	+
Ç2	+	+	+	+	+	+					+
Ç3	+	+	+	+	+	+				+	+
Ç4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç5	+	+	+	+	+	+				+	+
Ç6	+	+	+	+	+	+				+	+
Ç7	+	+	+	+	+	+					+
Ç8	+	+	+	+	+	+				+	+
Ç9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç10	+	+	+	+	+	+				+	+
L1	+	+	+	+	+	+				+	+
L2	+	+	+	+	+	+					+
L3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L5	+	+	+	+	+	+				+	+
L6	+	+	+	+	+	+				+	+
L7	+	+	+	+	+	+					+
L8	+	+	+	+	+	+				+	+
L9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L10	+	+	+	+	+	+				+	+
YYPE	+	+	+	+	+	+					+
PP	+	+	+	+	+	+					+

Tablo 18. Birleştirici kimyasal oranının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni

Levha Tipleri	Fiziksel Özellikler			Mekanik özellikler			Isıl Özellikler		Oksijen indeksi	Morfolojik özellikler (SEM)	Çürüklük
	Yoğunluk	Su alma oranı	Kalınlık artış oranı	Eğilme özellikleri	Çekme özellikleri	Darbe direnci	TGA	DSC			
Ç11	+	+	+	+	+	+					+
Ç12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç13	+	+	+	+	+	+					+
Ç14	+	+	+	+	+	+					+
Ç15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç16	+	+	+	+	+	+					+
L11	+	+	+	+	+	+					+
L12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L13	+	+	+	+	+	+					+
L14	+	+	+	+	+	+					+
L15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L16	+	+	+	+	+	+					+

Tablo 19. Yangın geciktirici madde kullanımının levha özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait deneme deseni

Levha Tipleri	Fiziksel Özellikler			Mekanik özellikler			Isıl Özellikler		Oksijen indeksi	Morfolojik özellikler (SEM)	Çürüklük
	Yoğunluk	Su alma oranı	Kalınlık artış oranı	Eğilme özellikleri	Çekme özellikleri	Darbe direnci	TGA	DSC			
Ç17	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ç18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç19	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ç20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ç21	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ç22	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ç23	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Ç24	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
L17	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
L18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L19	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
L20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L21	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
L22	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L23	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
L24	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 20. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretimler bölümüne ait deneme deseni

Levha Tipleri	Fiziksel Özellikler			Mekanik özellikler		
	Yoğunluk	Su alma oranı	Kalınlık artış oranı	Eğilme özellikleri	Çekme özellikleri	Darbe direnci
Ç25	+	+	+	+	+	+
Ç26	+	+	+	+	+	+
L25	+	+	+	+	+	+
L26	+	+	+	+	+	+

3. BULGULAR

Bulgular dört bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranı, ikinci bölümde birleştirici kullanım oranı ve üçüncü bölümde yangın geciktirici madde kullanımına ait bulgular değerlendirilmiştir. Ayrıca ilk üç bölüm için morfolojik özellikler ile ilgili SEM görüntüleri İrdeleme kısmında ele alınmıştır. Dördüncü bölümde ise ticari reçetelerle endüstriyel boyutta üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgulara yer verilmiştir.

3.1. Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Bu bölümdeki tüm özelliklerin belirlenmesinde çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanımının etkileri kendi içerisinde çoğul varyans analizi (ÇVA) ile değerlendirilmiştir.

3.1.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1.1. Yoğunluk

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların yoğunluk değerlerine ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 21’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 21. Lignoselülozik madde dolgulı termoplastik levhaların yoğunluk değerleri

Termoplastik Polimer Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S
Kontrol	Saf YYPE	0.95	0.00	Saf YYPE	0.95	0.00
	Saf PP	0.90	0.00	Saf PP	0.90	0.00
YYPE	Ç1	0.87	0.01	L1	0.89	0.02
	Ç2	0.88	0.02	L2	0.94	0.01
	Ç3	0.88	0.01	L3	0.98	0.01
	Ç4	0.89	0.01	L4	0.99	0.01
	Ç5	0.94	0.01	L5	1.03	0.04
PP	Ç6	0.86	0.01	L6	0.89	0.01
	Ç7	0.85	0.03	L7	0.88	0.01
	Ç8	0.86	0.02	L8	0.95	0.01
	Ç9	0.91	0.00	L9	0.97	0.01
	Ç10	0.91	0.01	L10	1.02	0.01

Termoplastik polimer tipi ve ÇFA oranlarının, levha yoğunluğu üzerine etkilerinin önemli olup, olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 22 ve Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 22. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın yoğunluk değerleri üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Hesap	Önem Düzeyi
ÇFA Kullanım Oranı (A)	0.01	1	0.01	37.67	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	1.05	5	0.01	58.11	***
A*B(İnteraksiyon)	0.01	5	0.00	9.95	***
Hata	0.01	48	0.00		
Toplam	47.83	60			

Tablo 23. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
MDFZT Kullanım Oranı (A)	0.01	1	0.01	50.87	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.12	5	0.02	102.46	***
A*B(İnteraksiyon)	0.01	5	0.02	7.36	***
Hata	0.01	48	0.00		
Toplam	54.23	60			

Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre lignoselülozik madde (çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın yoğunluğuna etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerindeki etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo 24. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	H.G.	MDFZT Kullanım Oranı (%)	H.G.
0	a	0	c
10	c	10	f
20	c	20	e
30	c	30	d
40	b	40	b
50	a	50	a

3.1.1.2. Su Alma Oranı

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların uzun süreli su alma oranları 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 aylık sürelerde periyodik olarak gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Tablo 25 ve Tablo 26’da verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 1 ve Tablo 2’de sadece örnek olması açısından verilmiş olup, bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 25. Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	X(%)	S	X(%)	S	X(%)	S	X(%)	S	X(%)	S
Kontrol	Saf YYPE	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01
	Saf PP	0.02	0.03	0.15	0.17	0.23	0.18	0.44	0.51	0.51	0.65
YYPE	Ç1	0.16	0.04	0.52	0.11	1.13	0.26	1.64	0.34	1.93	0.40
	Ç2	0.18	0.07	0.93	0.27	2.85	0.68	4.37	1.07	5.94	1.34
	Ç3	0.35	0.04	1.50	0.15	3.42	0.30	6.49	0.59	10.02	0.96
	Ç4	0.52	0.15	2.25	0.28	5.13	0.61	9.76	1.23	14.25	0.90
	Ç5	0.69	0.09	3.57	0.25	8.54	0.64	16.46	0.87	17.44	1.50
PP	Ç6	0.09	0.03	0.57	0.10	1.99	0.77	2.76	1.07	2.86	1.10
	Ç7	0.17	0.02	0.96	0.25	2.66	0.39	4.89	0.47	8.32	0.25
	Ç8	0.30	0.08	1.41	0.35	3.89	0.92	8.77	1.36	13.56	1.04
	Ç9	0.51	0.07	3.84	0.47	11.33	1.68	18.81	0.50	19.09	0.51
	Ç10	1.21	0.48	5.75	1.27	15.08	1.68	21.36	0.63	21.36	0.63

Tablo 26. MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Saf YYPE	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01
	Saf PP	0.02	0.03	0.15	0.17	0.23	0.18	0.44	0.51	0.51	0.65
YYPE	L1	0.10	0.03	0.29	0.06	1.38	0.26	1.93	0.16	2.12	0.19
	L2	0.12	0.05	0.58	0.09	2.19	0.23	3.42	0.53	4.15	0.52
	L3	0.14	0.03	0.74	0.17	2.34	0.41	3.52	0.50	4.93	0.68
	L4	0.32	0.07	1.29	0.14	3.21	0.22	5.45	0.31	9.23	0.65
	L5	0.71	0.13	2.51	0.29	5.27	0.51	9.88	0.79	12.41	0.47
PP	L6	0.06	0.03	0.26	0.04	1.21	0.39	1.70	0.34	2.02	0.38
	L7	0.25	0.08	0.61	0.07	1.83	0.54	2.65	0.51	3.30	0.52
	L8	0.26	0.05	1.21	0.19	3.54	0.69	5.45	0.84	8.09	0.75
	L9	0.50	0.18	2.08	0.47	5.99	0.28	11.16	0.71	12.76	1.27
	L10	0.71	0.09	3.34	0.44	10.40	1.07	13.59	0.64	13.88	0.52

Termoplastik polimer tipi ve lignoselülozik madde kullanım oranlarının, levhanın su alma oranı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 27 ve Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 27. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ÇFA Kullanım Oranı (A)	221.31	1	221.31	204.94	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	4590.55	5	918.11	850.21	***
A*B(İnteraksiyon)	203.83	5	40.77	37.75	***
Hata	51.83	48	1.08		

Tablo 28. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
MDFZT Kullanım Oranı(A)	83.68	1	83.68	160.17	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	2310.21	5	462.04	884.41	***
A*B(İnteraksiyon)	129.02	5	25.80	49.39	***
Hata					

Çoğul varyans analizlerinin sonuçlarına göre; lignoselülozik madde (çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın su alma oranına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın su alma oranı üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların su alma oranına ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	H.G.	MDFZT Kullanım Oranı (%)	H.G.
0	a	0	a
10	b	10	b
20	c	20	c
30	d	30	d
40	e	40	e
50	f	50	f

3.1.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların uzun süreli belirlenen kalınlık artış oranlarına ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 30 ve Tablo 31’de verilmiştir. Ölçümler, 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak her levha tipi için gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel değerlendirilmiş ve Tablo 30 ve Tablo 31’de verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 3 ve Tablo 4’te sadece örnek olması açısından verilmiş olup, bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 30. Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Saf YYPE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Saf PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
YYPE	Ç1	0.09	0.12	0.17	0.10	0.22	0.15	0.43	0.14	0.43	0.14
	Ç2	0.11	0.11	0.27	0.09	0.76	0.24	1.10	0.38	1.35	0.36
	Ç3	0.30	0.19	0.65	0.15	1.00	0.20	1.57	0.17	2.14	0.39
	Ç4	0.41	0.01	0.86	0.18	1.43	0.51	2.13	0.63	2.86	0.55
	Ç5	0.48	0.18	1.05	0.33	2.02	0.34	3.38	0.60	3.58	0.57
PP	Ç6	0.00	0.00	0.04	0.09	0.20	0.01	0.36	0.09	0.36	0.09
	Ç7	0.00	0.00	0.21	0.15	0.46	0.23	0.72	0.24	1.27	0.21
	Ç8	0.00	0.00	0.28	0.12	0.89	0.25	1.66	0.52	2.19	0.66
	Ç9	0.33	0.19	0.91	0.18	2.24	0.47	3.32	0.48	3.37	0.51
	Ç10	0.37	0.13	1.10	0.27	2.54	0.65	3.49	0.69	3.49	0.69

Tablo 31. MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Saf YYPE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Saf PP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
YYPE	L1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.09	0.25	0.09	0.25	0.09
	L2	0.00	0.00	0.04	0.09	0.33	0.14	0.53	0.12	0.65	0.27
	L3	0.00	0.00	0.20	0.00	0.60	0.16	0.96	0.20	1.22	0.29
	L4	0.08	0.08	0.31	0.08	0.98	0.09	1.56	0.30	2.31	0.31
	L5	0.17	0.09	0.71	0.19	1.52	0.28	2.68	0.30	3.28	0.24
PP	L6	0.00	0.00	0.08	0.11	0.30	0.29	0.34	0.32	0.38	0.38
	L7	0.00	0.00	0.20	0.19	0.36	0.09	0.44	0.17	0.47	0.18
	L8	0.00	0.00	0.28	0.11	0.56	0.11	0.84	0.16	1.24	0.16
	L9	0.00	0.00	0.31	0.11	1.12	0.53	2.08	0.50	2.40	0.46
	L10	0.12	0.11	0.76	0.15	2.19	0.27	2.90	0.28	3.00	0.32

Termoplastik polimer tipi ve lignoselülozik madde kullanım oranlarının, levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 32 ve Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 32. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ÇFA Kullanım Oranı (A)	131.51	5	26.30	61.04	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	4.78	1	4.78	11.09	**
A*B(İnteraksiyon)	9.39	5	1.88	4.36	**
Hata	20.68	48	0.43		

Çoğul varyans analizlerinin sonucuna göre; çay fabrikası atığı kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkisi %0,1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri % 1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 33. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
MDFZT Kullanım Oranı (A)	135.88	5	27.18	204.47	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.12	1	0.12	0.90	ÖD
A*B(İteraksiyon)	0.46	5	0.09	0.69	ÖD
Hata	6.38	48	0.13		

MDF zımpara tozu kullanım oranının levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkisi %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin etkisi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri de %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 34’te verilmiştir.

Tablo 34. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	H.G.	MDFZT Kullanım Oranı (%)	H.G.
0	a	0	a
10	a	10	b
20	b	20	c
30	b	30	d
40	c	40	e
50	d	50	f

3.1.2. Mekanik Özellikler

3.1.2.1. Eğilme Özellikleri

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların eğilme özelliklerine ait ortalama, standart sapma değerleri Tablo 35’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 35. Lignoselülozik madde dolgulı termoplastik levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri

Termoplastik Polimer Tipi	ÇFA				MDFZT					
	Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)		Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)	
		X	S	X	S		X	S	X	S
Kontrol	Saf YYPE	36.74	0.96	854.11	18.11	Saf YYPE	36.74	0.96	854.11	18.11
	Saf PP	61.49	5.25	1088.58	52.14	Saf PP	61.49	5.25	1088.58	52.14
YYPE	Ç1	28.30	0.81	958.98	36.32	L1	28.30	1.53	913.17	34.28
	Ç2	27.88	1.82	1022.32	98.93	L2	27.50	0.74	1119.17	69.76
	Ç3	26.85	0.49	1032.94	57.96	L3	27.42	1.27	1333.37	36.35
	Ç4	22.64	0.72	1038.03	82.67	L4	24.57	0.88	1348.57	15.17
	Ç5	19.73	0.59	1142.07	58.20	L5	21.49	2.00	1349.30	140.23
PP	Ç6	40.19	2.87	1153.93	111.42	L6	43.04	0.89	1134.45	31.61
	Ç7	39.03	1.64	1340.12	67.04	L7	39.74	1.86	1252.74	50.30
	Ç8	33.75	2.25	1469.60	23.43	L8	36.90	0.72	1363.7	19.48
	Ç9	27.77	1.29	1482.78	49.64	L9	30.91	1.53	1427.49	25.75
	Ç10	21.88	0.36	1564.07	57.68	L10	29.82	1.55	1576.38	13.98

Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhanın eğilme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 36 ve Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 36. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının eğilme direnci üzerine etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	ÇFA Kullanım Oranı (A)	4542.45	5	908.49	200.24	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	1716.82	1	1716.82	378.41	***
	A*B(İnteraksiyon)	724.21	5	144.84	31.93	***
	Hata	217.77	48	4.54		
	Toplam	70077.39	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre; eğilme direnci için çay fabrikası atığı kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 37. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	ÇFA Kullanım Oranı (A)	1002927.66	5	200585.53	47.21	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	1752131.75	1	1752131.75	412.35	***
	A*B(İnteraksiyon)	149219.67	5	29843.93	7.02	***
	Hata	203960.36	48	4249.17		
	Toplam	86505111.07	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre; çay fabrikası atığı kullanım oranı, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin, eğilmede elastikiyet modülüne etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhanın eğilme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 38 ve Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 38. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	MDFZT Kullanım Oranı (A)	3382.82	5	676.57	171.83	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	2344.75	1	2344.75	595.49	***
	A*B(İnteraksiyon)	577.79	5	115.56	29.35	***
	Hata	189.00	48	3.94		
	Toplam	76125.27	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, MDF zımpara tozu kullanım oranı, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin eğilme direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 39. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	MDFZT Kullanım Oranı(A)	2258887.17	5	451777.43	145.171	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	299796.29	1	299796.29	96.34	***
	A*B(İnteraksiyon)	75657.23	5	15131.45	4.86	***
	Hata	149377.51	48	3112.03		
	Toplam	92620675.00	60			

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın eğilme özellikleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 40’ta verilmiştir.

Tablo 40. Lignoselülozik madde tozu dolgulu termoplastik levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	ED-HG	EEM-HG	MDFZT Kullanım Oranı (%)	ED-HG	EEM-HG
0	a	e	0	a	e
10	b	d	10	b	d
20	b	c	20	c	c
30	c	b	30	c	b
40	d	b	40	d	b
50	e	a	50	e	a

3.1.2.2. Çekme Özellikleri

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama değerlerine (KUM) ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 41 ve Tablo 42’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 41. Çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri

Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Saf YYPE	25.68	0.13	384.67	29.21	40.68	6.31
	Saf PP	30.98	0.79	297.97	50.80	9.13	0.53
YYPE	Ç1	17.02	0.91	408.02	13.45	7.78	0.65
	Ç2	14.33	0.43	483.51	7.70	6.88	0.49
	Ç3	14.21	0.11	497.22	20.88	4.90	0.05
	Ç4	12.43	0.34	513.35	25.02	3.81	0.15
	Ç5	10.14	0.17	501.64	20.97	2.82	0.08
PP	Ç6	22.24	1.74	419.50	69.51	6.39	0.41
	Ç7	15.93	1.57	612.95	76.95	3.38	0.49
	Ç8	14.03	0.53	622.84	19.83	3.34	0.29
	Ç9	13.53	0.46	651.20	7.92	2.92	0.17
	Ç10	12.26	0.50	646.02	8.48	2.58	0.13

Tablo 42. MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri

Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Saf YYPE	25.68	0.13	384.67	29.21	40.68	6.31
	Saf PP	30.98	0.79	297.97	50.80	9.13	0.53
YYPE	L1	16.59	0.98	473.14	19.33	6.75	0.49
	L2	14.62	1.30	503.36	19.24	4.27	0.22
	L3	13.99	0.21	567.79	6.55	4.06	0.23
	L4	11.87	0.15	591.96	13.44	2.56	0.18
	L5	9.94	0.57	613.39	45.84	2.10	0.11
PP	L6	18.10	0.62	600.87	9.52	4.67	0.17
	L7	15.99	0.47	695.22	33.89	3.35	0.21
	L8	15.36	0.65	706.11	18.42	3.38	0.17
	L9	13.63	0.40	710.43	8.06	2.81	0.21
	L10	12.67	0.46	732.71	9.99	2.44	0.25

Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhanın çekme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 43, Tablo 45 ve Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 43. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	ÇFA Kullanım Oranı (A)	1967.07	5	393.41	587.07	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	95.81	1	95.81	142.97	***
	A*B(İnteraksiyon)	63.20	5	12.64	18.86	***
	Hata	32.17	48	0.670		
	Toplam	19289.44	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, lignoselülozik madde (çay fabrikası atığı) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekme direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 44. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekmede Elastikiyet Modülü	ÇFA Kullanım Oranı (A)	507025.42	5	101405.08	73.95	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	88958.10	1	88958.10	64.87	***
	A*B(İnteraksiyon)	111127.02	5	22225.40	16.21	***
	Hata	65822.65	48	1371.31		
	Toplam	15967983.18	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, çay fabrikası atığı kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekmede elastikiyet modülüne etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 45. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	ÇFA Kullanım Oranı (A)	3593.53	5	718.71	208.73	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	637.79	1	637.79	185.23	***
	A*B(İnteraksiyon)	1893.07	5	378.61	109.96	***
	Hata	165.27	48	3.44		
	Toplam	10019.74	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, çay fabrikası atığı kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın kopmada uzama miktarına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhanın çekme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 46-48 arasında verilmiştir.

Tablo 46. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	MDFZT Kullanım Oranı (A)	1863.38	5	372.68	881.52	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	82.25	1	82.25	194.55	***
	A*B(İnteraksiyon)	29.52	5	5.90	13.96	***
	Hata	20.29	48	0.42		
	Toplam	18563.26	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, MDF zımpara tozu kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekme direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 47. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekmede Elastikiyet Modülü	MDFZT Kullanım Oranı (A)	758759.18	5	151751.84	220.86	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	154523.60	1	154523.60	224.89	***
	A*B(İnteraksiyon)	115585.47	5	23117.09	33.64	***
	Hata	32981.35	48	687.11		
	Toplam	20770850.37	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre; MDF zımpara tozu kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekmede elastikiyet modülüne etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 48. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	MDFZT Kullanım Oranı (A)	3840.36	5	768.07	226.57	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	499.45	1	499.45	147.33	***
	A*B(İteraksiyon)	2002.27	5	400.46	118.13	***
	Hata	162.72	48	3.39		
	Toplam	9599.82	60			

Çoğul varyans analizi sonucuna göre, MDF zımpara tozu kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın kopmada uzama miktarına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın çekme özellikleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 49’da verilmiştir.

Tablo 49. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG	MDFZT Kullanım Oranı (%)	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG
0	a	c	a	0	a	e	a
10	b	b	b	10	b	d	b
20	c	a	c	20	c	c	c
30	d	a	cd	30	d	b	c
40	e	a	d	40	e	ab	c
50	f	a	d	50	f	a	c

3.1.2.3. Darbe Direnci

Çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) dolgulu termoplastik levhaların darbe direnci değerlerine ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 50’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 50. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların darbe direnci değerleri

Termoplastik Polimer Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (J/m)	S	Levha Tipi	X (J/m)	S
Kontrol	Saf YYPE	362.98	69.12	Saf YYPE	362.98	69.12
	Saf PP	20.24	0.46	Saf PP	20.24	0.46
YYPE	Ç1	97.44	8.50	L1	58.62	3.17
	Ç2	70.13	13.24	L2	54.26	0.67
	Ç3	50.50	2.70	L3	38.26	1.66
	Ç4	35.09	2.22	L4	29.27	1.32
	Ç5	31.00	1.05	L5	23.91	0.30
PP	Ç6	20.13	1.74	L6	20.23	1.47
	Ç7	17.14	1.13	L7	18.65	0.55
	Ç8	16.35	0.97	L8	18.60	1.10
	Ç9	16.95	0.43	L9	19.17	0.16
	Ç10	16.87	0.51	L10	19.08	0.51

Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhanın darbe direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 51 ve Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 51. Termoplastik polimer tipi ve çay fabrikası atığı kullanım oranlarının darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ÇFA Kullanım Oranı (A)	206935.96	5	41387.19	98.47	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	121123.19	1	121123.19	288.17	***
A*B(İnteraksiyon)	198702.12	5	39740.42	94.55	***
Hata	20174.99	48	420.31		
Toplam	784528.47	60			

Tablo 52. Termoplastik polimer tipi ve MDF zımpara tozu kullanım oranlarının darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
MDFZT Kullanım Oranı (A)	220034.44	5	44006.89	110.09	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	84875.99	1	84875.99	212.33	***
A*B(İnteraksiyon)	216935.26	5	43387.05	108.54	***
Hata	19186.96	48	399.73		
Toplam	735559.05	60			

Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre, lignoselülozik madde (çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhannın darbe direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhannın darbe direnci değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 53. Lignoselülozik madde dolgulu termoplastik levhaların darbe direncine ait homojenlik grupları

ÇFA Kullanım Oranı (%)	H.G.	MDFZT Kullanım Oranı (%)	H.G.
0	a	0	a
10	b	10	b
20	bc	20	b
30	c	30	b
40	c	40	b
50	c	50	b

3.2. Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Bu bölümde birleştirici madde ilaveli levhaların özelliklerine ait bulgular verilmiştir. Birinci bölümde yapılan değerlendirme sonucunda optimum lignoselülozik dolgu oranı %40 olarak sabit tutulmuştur. Birleştirici olarak YYPE için MAPE, PP için ise MAPP kullanılmıştır. Bu bölümdeki tüm özelliklerin belirlenmesinde birleştirici kullanımının etkisi çay fabrikası atığı (ÇFA) ve MDF zımpara tozu (MDFZT) için ayrı olarak çoğul varyans analizi (ÇVA) ile değerlendirilmiştir.

3.2.1. Fiziksel Özellikler

3.2.1.1. Yoğunluk

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici (coupling agent) kullanılarak üretilen levhaların yoğunluklarına ait ortalama, standart sapma değerleri Tablo 54'te verilmiştir. Denemeler 10'ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 54. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

Birleştirici Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S
Kontrol	Ç4*	0.89	0.01	L4*	1.03	0.04
	Ç9**	0.91	0.00	L9**	0.97	0.01
MAPE	Ç11*	1.01	0.01	L11*	0.98	0.04
	Ç12*	0.99	0.01	L12*	0.98	0.01
	Ç13*	0.97	0.01	L13*	1.03	0.01
MAPP	Ç14**	0.89	0.01	L14**	1.00	0.02
	Ç15**	0.91	0.01	L15**	0.99	0.02
	Ç16**	0.92	0.01	L16**	1.01	0.02

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların yoğunluğu üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 55 ve Tablo 56'da verilmiştir.

Tablo 55. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	0.02	3	0.01	57.53	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.03	1	0.03	279.92	***
A*B(İnteraksiyon)	0.03	3	0.01	80.80	***
Hata	0.00	32	0.00		
Toplam	35.04	40			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için, çoğul varyans analizi sonuçları incelendiğinde; birleştirici kullanım oranı, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levha yoğunluğuna etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 56. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kimyasal Oranı (A)	0.02	3	0.01	15.28	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.00	1	0.00	0.01	ÖD
A*B(İnteraksiyon)	0.00	3	0.00	1.53	ÖD
Hata	0.01	32	0.00		
Toplam	39.30	40			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için, çoğul varyans analizi sonuçları incelendiğinde; birleştirici kullanım oranının levha yoğunluğuna etkisinin %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Birleştirici kullanım oranlarının levhanın yoğunluk değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 57’de verilmiştir.

Tablo 57. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhaları-HG	Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDFZT Termoplastik Levhaları-HG
0	b	0	c
1	a	1	b
3	a	3	b
5	a	5	a

3.2.1.2. Su Alma Oranı

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak her levha tipi için gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel değerlendirilmiş ve Tablo 58 ve Tablo 59’da verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 5 ve Tablo 6’da sadece örnek olması açısından verilmiş olup bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 58. ay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Termoplastik Polimer Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Ç4*	0.52	0.15	2.25	0.28	5.13	0.61	9.76	1.23	14.25	0.90
	Ç9**	0.51	0.07	3.84	0.47	11.33	1.68	18.81	0.50	19.09	0.51
MAPE	Ç11*	0.31	0.09	1.93	0.31	5.33	0.58	8.98	1.04	13.36	1.20
	Ç12*	0.30	0.06	1.39	0.24	3.50	0.46	5.76	0.64	8.92	1.17
	Ç13*	0.30	0.05	1.37	0.12	3.68	0.52	6.11	0.70	9.85	1.25
MAPP	Ç14**	0.49	0.09	3.36	0.20	9.79	0.59	16.00	0.80	16.60	0.74
	Ç15**	0.43	0.17	2.77	0.57	8.57	0.69	11.07	1.61	11.97	1.64
	Ç16**	0.51	0.10	3.43	1.20	10.13	2.13	13.50	3.32	14.60	3.02

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 59. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Birleştirici Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	L4*	0.32	0.07	1.29	0.14	3.21	0.22	5.45	0.31	9.23	0.65
	L9**	0.50	0.18	2.08	0.47	5.99	0.28	11.16	0.71	12.76	1.27
MAPE	L11*	0.21	0.08	1.01	0.16	2.47	0.06	3.26	0.52	4.59	0.42
	L12*	0.14	0.06	0.83	0.15	2.35	0.42	3.16	0.33	3.97	0.54
	L13*	0.19	0.04	1.23	0.16	3.13	0.97	5.12	0.53	5.86	0.63
MAPP	L14**	0.22	0.07	1.99	0.26	6.65	0.32	8.27	0.45	8.83	0.68
	L15**	0.22	0.08	1.43	0.30	4.88	0.97	7.04	0.83	8.06	1.24
	L16**	0.15	0.10	1.38	0.57	4.17	1.52	6.54	1.46	7.90	1.20

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların uzun süreli su alma oranı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 60 ve Tablo 61’de verilmiştir.

Tablo 60. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	68.93	3	22.98	9.17	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	1762.18	1	1762.18	703.05	***
A*B(İnteraksiyon)	146.41	3	48.80	19.47	***
Hata	80.21	32	2.506		

Tablo 61. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	83.07	3	27.69	43.86	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	212.44	1	212.44	336.53	***
A*B(İnteraksiyon)	94.80	3	31.60	50.06	***
Hata	20.20	32	0.63		

Çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; birleştirici kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın su alma oranına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın su alma oranları üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 62’de verilmiştir.

Tablo 62. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranlarına ait homojenlik grupları

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhaları-HG	Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDFZT Termoplastik Levhaları-HG
0	b	0	b
1	a	1	a
3	a	3	a
5	b	5	a

3.2.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen uzun süreli belirlenen kalınlık artış değerlerine ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 63 ve Tablo 64’te verilmiştir. Ölçümler, 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak her levha tipi için gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel değerlendirilmiş ve Tablo 63 ve Tablo 64’te verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144 ve 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 7 ve Tablo 8’de sadece örnek olması açısından verilmiş olup, bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 63. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Birleştirici Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Ç4*	0.41	0.01	0.86	0.18	1.43	0.51	2.13	0.53	2.86	0.55
	Ç9**	0.33	0.19	0.83	0.21	2.12	0.47	3.28	0.49	3.33	0.53
MAPE	Ç11*	0.00	0.00	0.17	0.17	0.78	0.19	1.48	0.20	2.27	0.36
	Ç12*	0.00	0.00	0.16	0.17	0.55	0.27	0.86	0.35	1.41	0.49
	Ç13*	0.00	0.00	0.26	0.29	1.12	0.54	1.30	0.64	1.73	0.69
MAPP	Ç14**	0.33	0.23	0.90	0.59	2.10	0.49	2.51	0.37	2.59	0.31
	Ç15**	0.08	0.11	0.78	0.27	1.83	0.47	2.20	0.51	2.28	0.53
	Ç16**	0.08	0.10	0.68	0.25	1.55	0.35	1.85	0.42	1.89	0.43

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 64. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
Birleştirici Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	L4	0.08	0.08	0.31	0.08	0.98	0.09	1.56	0.30	2.31	0.31
	L9	0.00	0.00	0.31	0.11	1.12	0.53	2.08	0.50	2.40	0.46
MAPE	L11	0.04	0.09	0.12	0.11	0.41	0.15	0.49	0.23	0.65	0.27
	L12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.10	0.32	0.13	0.41	0.24
	L13	0.00	0.00	0.22	0.00	0.91	0.28	1.35	0.36	1.70	0.24
MAPP	L14	0.04	0.09	0.50	0.24	1.05	0.33	1.64	0.24	1.82	0.37
	L15	0.04	0.09	0.31	0.10	0.99	0.26	1.25	0.41	1.50	0.41
	L16	0.00	0.00	0.34	0.20	0.98	0.25	1.36	0.49	1.62	0.32

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranları üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 65 ve Tablo 66'da verilmiştir.

Tablo 65. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artışı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	2.96	3	0.99	1.25	ÖD
Termoplastik Polimer Tipi (B)	12.12	1	12.12	15.34	***
A*B(İnteraksiyon)	5.70	3	1.90	2.41	ÖD
Hata	25.27	32	0.79		

Çay fabrikası atığı ve kullanılarak üretilen levhalar çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; birleştirici kullanım oranlarının levhanın kalınlık artışı üzerine etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipinin levhanın kalınlık artışı üzerine etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tablo 66. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kalınlık artışı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	9.00	3	3.00	11.85	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	7.96	1	7.96	31.42	***
A*B(İnteraksiyon)	8.77	3	2.92	11.54	***
Hata	8.11	32	0.25		

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; birleştirici kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın kalınlık artışına etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranları üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 67’de verilmiştir.

Tablo 67. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici ile üretilen levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları.

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhaları-HG	Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDFZT Termoplastik Levhaları-HG
0	%95 önem düzeyi ile anlamlı fark bulunmamıştır.	0	b
1		1	a
3		3	a
5		5	a

3.2.2. Mekanik Özellikler

3.2.2.1. Eğilme Özellikleri

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 68’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 68. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri

Birleştirici Tipi	ÇFA					MDFZT				
	Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)		Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)	
		X	S	X	S		X	S	X	S
Kontrol	Ç4*	22.64	0.72	1038.03	57.96	L4*	24.57	0.88	1348.57	15.17
	Ç9**	27.70	1.29	1482.78	49.64	L9**	30.91	1.53	1427.49	25.75
MAPE	Ç11*	27.76	1.46	1373.97	77.90	L11*	24.75	6.78	1490.40	261.55
	Ç12*	31.89	1.26	1521.14	77.12	L12*	24.68	1.72	1692.57	41.41
	Ç13*	29.28	0.79	1484.37	38.54	L13*	24.87	1.48	1510.66	25.44
MAPP	Ç14**	32.18	0.69	1482.34	87.97	L14**	31.88	1.88	1649.10	79.02
	Ç15**	28.65	1.39	1696.62	50.07	L15**	32.01	0.50	1803.72	80.61
	Ç16**	27.78	0.90	1418.96	20.68	L16**	32.65	1.36	1791.18	123.86

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 69 ve Tablo 70’de verilmiştir.

Tablo 69. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	161.70	3	53.90	44.17	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	14.42	1	14.42	11.82	***
	A*B(İnteraksiyon)	132.30	3	44.10	36.14	***
	Hata	39.05	32	1.22		
	Toplam	32823.80	40			

Çay fabrikası atığı ile üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonucuna bakıldığında; birleştirici kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın eğilme direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 70. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	610211.43	3	203403.81	45.96	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	274891.43	1	274891.43	62.11	***
	A*B(İnteraksiyon)	336647.96	3	112215.99	25.35	***
	Hata	83993961.50	32	4426.01		
	Toplam	83993961.50	40			

Çay fabrikası atığı ile üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonucuna bakıldığında; birleştirici kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın eğilmede elastikiyet modülüne etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları da Tablo 71 ve Tablo 72’de verilmiştir.

Tablo 71. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	5.31	3.00	1.77	0.24	ÖD
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	510.58	1.00	510.58	68.26	***
	A*B(İnteraksiyon)	2.73	3.00	0.91	0.12	ÖD
	Hata	239.36	32.00	7.48		
	Toplam	32770.38	40.00			

MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; birleştirici kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipinin %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir

Tablo 72. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü özellikleri üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	675895.92	3.00	225298.64	20.39	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	73822.46	1.00	73822.46	6.68	*
	A*B(İnteraksiyon)	35663.94	3.00	11887.98	1.08	ÖD
	Hata	353523.81	32.00	11047.62		
	Toplam	97674452.50	40.00			

MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerine; birleştirici kullanım oranlarının etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi %5 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhamın eğilme değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 73'te verilmiştir.

Tablo 73. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait homojenlik grupları

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhaları-HG		Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDFZT Termoplastik Levhaları-HG	
	ED-HG	EEM-HG		ED-HG	EEM-HG
0	c	b	0	%95 önem düzeyi ile anlamlı fark bulunmamıştır.	c
1	b	a	1		b
3	a	a	3		a
5	b	a	5		b

3.2.2.2. Çekme Özellikleri

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarına ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 74 ve Tablo 75'de verilmiştir. Denemeler 10'ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 74. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri

Birleştirici Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Ç4*	12.43	0.34	513.35	25.02	3.81	0.15
	Ç9**	13.53	0.46	651.20	7.92	2.92	0.17
MAPE	Ç11*	13.76	0.43	567.24	9.73	3.27	0.11
	Ç12*	16.24	0.16	589.82	14.80	4.01	0.27
	Ç13*	16.53	0.38	600.69	10.55	3.76	0.16
MAPP	Ç14**	13.87	0.77	606.96	47.10	2.95	0.09
	Ç15**	16.96	0.34	659.62	7.74	3.07	0.08
	Ç16**	13.61	0.55	609.47	17.97	2.81	0.15

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 75. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri

Birleştirici Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	L4*	11.87	0.15	591.96	13.44	2.56	0.18
	L9**	13.63	0.40	710.43	8.06	2.81	0.21
MAPE	L11*	14.59	0.98	592.25	48.54	3.29	0.31
	L12*	12.82	0.14	598.38	9.90	2.71	0.18
	L13*	13.03	0.34	608.44	8.07	2.80	0.23
MAPP	L14**	14.48	1.85	729.15	28.53	2.93	0.67
	L15**	16.43	0.95	695	22.60	3.07	0.09
	L16**	16.16	1.14	605.43	20.24	3.39	0.14

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi Tablo 76-78 arasında verilmiştir.

Tablo 76. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	74.45	3.00	24.82	108.40	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.60	1.00	0.60	2.61	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	24.98	3.00	8.33	36.37	***
	Hata	7.33	32.00	0.23		
	Toplam	8652.16	40.00			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonucuna bakıldığında; birleştirici kullanım oranlarının çekme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin çekme direnci üzerine etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 77. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekmede Elastikiyet Modülü	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	11173.70	3.00	3724.57	6.98	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	41008.01	1.00	41008.01	76.84	***
	A*B(İnteraksiyon)	22816.94	3.00	7605.65	14.25	***
	Hata	17078.77	32.00	533.71		
	Toplam	14482155.14	40.00			

Levhanın çekmede elastikiyet modülü üzerine birleştirici kullanım oranlarının, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 78. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	1.15	3.00	0.38	14.89	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	5.74	1.00	5.74	223.25	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.64	3.00	0.21	8.25	***
	Hata	0.82	32.00	0.03		
	Toplam	453.03	40.00			

Levhanın kopmada uzama miktarı üzerine birleştirici kullanım oranlarının, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi Tablo 79-81 arasında verilmiştir.

Tablo 79. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	25.35	3.00	8.45	9.78	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	44.02	1.00	44.02	50.92	***
	A*B(İnteraksiyon)	20.85	3.00	6.95	8.04	***
	Hata	27.66	32.00	0.86		
	Toplam	8100.19	40.00			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonucuna bakıldığında; birleştirici kullanım oranı, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekme direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 80. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekmede Elastikiyet Modülü	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	17894.41	3.00	5964.80	10.71	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	77789.75	1.00	77789.75	139.69	***
	A*B(İnteraksiyon)	27963.25	3.00	9321.08	16.74	***
	Hata	17819.66	32.00	556.87		
	Toplam	16584207.64	40.00			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonucuna bakıldığında; birleştirici kullanım oranı, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çekmede elastikiyet modülü üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 81. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	Birleştirici Kullanım Oranı (A)	0.72	3.00	0.24	5.17	**
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.06	1.00	0.06	1.39	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	3.95	3.00	1.32	28.51	***
	Hata	1.48	32.00	0.05		
	Toplam	332.94	40.00			

Levhanın kopmada uzama miktarı üzerine etkileri; birleştirici kullanım oranlarının %1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın çekme değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 82’de verilmiştir.

Tablo 82. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	Çay Fabrikası Atığı			Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDF Zımpara Tozu		
	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG		ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG
0	d	c	b	0	b	a	c
1	c	bc	c	1	a	a	bc
3	a	a	a	3	a	a	ab
5	b	ab	b	5	a	b	a

3.2.2.3. Darbe Direnci

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma değerleri Tablo 83'te verilmiştir. Denemeler 10'ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 83. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

Birleştirici Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (J/m)	S	Levha Tipi	X (J/m)	S
Kontrol	Ç4*	35.09	2.22	L4*	29.27	1.32
	Ç9**	16.87	0.51	L9**	19.17	0.16
MAPE	Ç11*	29.24	1.20	L11*	24.88	2.31
	Ç12*	28.60	0.70	L12*	21.68	3.60
	Ç13*	24.42	0.89	L13*	22.90	2.51
MAPP	Ç14**	16.64	1.46	L14**	15.78	1.05
	Ç15**	16.03	3.09	L15**	20.22	0.56
	Ç16**	14.39	2.50	L16**	17.76	2.17

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 84 ve Tablo 85'de verilmiştir.

Tablo 84. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	220.61	3	73.54	22.87	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	1767.57	1	1767.57	549.62	***
A*B(İnteraksiyon)	88.68	3	29.56	9.19	***
Hata	102.91	32	3.22		
Toplam	22697.04	40			

Tablo 85. Birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Birleştirici Kullanım Oranı (A)	104.02	3	34.67	8.55	***
Termoplastik Polimer Tipi (B)	415.90	1	415.90	102.55	***
A*B(İnteraksiyon)	117.31	3	39.10	9.64	***
Hata	129.78	32	4.06		
Toplam	19185.69	40			

Çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar için; birleştirici kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın darbe direncine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın darbe direnci değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 86'da verilmiştir.

Tablo 86. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer ile birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları

Birleştirici Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	Birleştirici Kullanım Oranı (%)	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	a	0	a
1	b	1	b
3	b	3	b
5	c	5	b

3.3. Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Bu bölümde yangın geciktirici madde kullanılarak üretilen levhaların özelliklerine ait bulgular verilmiştir. Birinci bölümde yapılan değerlendirme sonucunda optimum lignoselülozik dolgu oranı %40, ikinci bölümde yapılan değerlendirme sonucunda ise optimum birleştirici kullanım oranı %3 olarak sabit tutulmuş olup, YYPE için MAPE, PP için ise MAPP kullanılmıştır. Bu bölümdeki ısı ve yanma özellikleri hariç diğer özelliklerin belirlenmesinde yangın geciktirici kullanımı etkisi, lignoselülozik madde ve yangın geciktirici madde tipleri için ayrı ayrı çoğul varyans analizi (ÇVA) ile değerlendirilmiştir.

3.3.1. Fiziksel Özellikler

3.3.1.1. Yoğunluk

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait ortalama (X) ve standart sapma değerleri (S) Tablo 87’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 87. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

YGM Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S	Levha Tipi	X (g/cm ³)	S
Kontrol	Ç4*	0.89	0.01	L4*	1.03	0.04
	Ç9**	0.91	0.00	L9**	0.97	0.01
	Ç12*	0.99	0.01	L12*	0.98	0.01
	Ç15**	0.91	0.01	L15**	0.99	0.02
ATH	Ç17*	1.07	0.02	L17*	1.20	0.01
	Ç18*	1.20	0.02	L18*	1.24	0.03
	Ç20**	1.03	0.03	L19**	1.13	0.02
	Ç21**	1.10	0.04	L20**	1.20	0.04
ÇB	Ç22*	1.06	0.02	L21*	1.11	0.01
	Ç23*	1.07	0.01	L22*	1.12	0.01
	Ç24**	0.92	0.02	L23**	1.02	0.04
	Ç25**	0.96	0.02	L24**	1.05	0.01

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ve birleştirici ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 88 ve Tablo 89’da verilmiştir.

Tablo 88. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici ile üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	0.20	2	0.10	161.58	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.04	1	0.04	67.70	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.01	2	0.00	3.97	*
	Hata	0.02	24	0.00		
	Toplam	33.35	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	0.02	2	0.01	27.61	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.09	1	0.09	276.25	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.01	2	0.00	7.61	*
	Hata	0.01	24	0.00		
	Toplam	29.09	30			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) ve çinko borat(ÇB) kullanım oranlarının yoğunluk üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın yoğunluğu üzerine etkileri %5 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 89. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların yoğunluğu üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	0.31	2	0.15	205.11	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.01	1	0.01	14.03	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.01	2	0.00	4.46	*
	Hata	0.02	24	0.01		
	Toplam	38.15	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	14.23	2	7.11	3.6	*
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	8.33	1	8.33	4.21	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	24.63	2	12.32	6.23	*
	Hata	47.47	24	1.978		
	Toplam	7366.48	30			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; ATH kullanım oranlarının yoğunluk üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın yoğunluğu üzerine etkileri %5 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. ÇB kullanım oranlarının yoğunluk üzerine etkileri %5 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin yoğunluk üzerine etkisi %5 hata payı ile önemsiz, bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın yoğunluk değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 90'da verilmiştir.

Tablo 90. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait homojenlik grupları

ATH			ZB		
YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG	YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	c	c	0	c	b
20	b	b	3	b	a
40	a	a	6	a	a

3.3.1.2. Su Alma Oranı

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler (YGM) ile üretilen levhaların uzun süreli belirlenen su alma oranlarına ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 91 ve Tablo 92’de verilmiştir. Ölçümler, 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak her levha tipi için gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Tablo 91 ve Tablo 92’de verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 10 ve 11’de sadece örnek olması açısından verilmiş olup, bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 91. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
YGM Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	Ç4*	0.52	0.15	2.25	0.28	5.13	0.61	9.76	1.23	14.25	0.90
	Ç9**	0.51	0.07	3.84	0.47	11.33	1.68	18.81	0.50	19.09	0.51
	Ç12*	0.30	0.06	1.39	0.24	3.50	0.46	5.76	0.64	8.92	1.17
	Ç15**	0.42	0.22	3.27	0.80	10.19	1.04	12.33	0.61	14.06	0.42
ATH	Ç17*	0.15	0.12	1.06	0.39	3.65	0.61	5.66	0.84	7.97	1.07
	Ç18*	0.15	0.11	1.05	0.27	3.23	0.53	5.39	0.85	7.52	1.14
	Ç19**	0.38	0.22	3.05	0.92	9.08	0.71	11.68	1.37	13.32	1.00
	Ç20**	0.35	0.07	2.51	0.32	7.15	0.50	11.65	0.56	12.79	1.29
ÇB	Ç21*	0.24	0.06	1.30	0.53	3.09	0.88	5.45	1.63	7.99	1.31
	Ç22*	0.19	0.13	0.78	0.30	2.93	1.25	4.81	1.68	6.82	1.50
	Ç23**	0.38	0.22	2.42	0.77	6.25	2.25	10.63	2.31	13.69	2.32
	Ç24**	0.29	0.12	2.03	0.58	6.16	0.53	9.51	1.21	12.84	0.74

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 92. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların su alma oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
YGM Tipi	Levha Tipi	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S	X (%)	S
Kontrol	L4*	0.32	0.07	1.29	0.14	3.21	0.22	5.45	0.31	9.23	0.65
	L9**	0.50	0.18	2.08	0.47	5.99	0.28	11.16	0.71	12.76	1.27
	L12*	0.14	0.06	0.83	0.15	2.35	0.42	3.16	0.33	3.97	0.54
	L15**	0.22	0.08	1.43	0.30	4.88	0.97	7.04	0.83	8.06	1.24
ATH	L17*	0.08	0.02	0.54	0.09	1.18	0.21	1.94	0.28	3.02	0.37
	L18*	0.07	0.04	0.24	0.02	0.60	0.04	1.08	0.05	1.67	0.03
	L19**	0.21	0.11	1.40	0.35	3.52	0.91	6.03	1.34	8.06	1.44
	L20**	0.16	0.05	0.92	0.32	3.25	1.28	5.88	0.84	7.30	0.40
ÇB	L21*	0.11	0.04	0.71	0.21	1.48	0.13	2.38	0.20	3.46	0.23
	L22*	0.10	0.03	0.29	0.06	0.83	0.15	1.50	0.19	2.26	0.19
	L23**	0.10	0.05	0.45	0.08	1.49	0.22	2.98	0.44	5.22	0.66
	L24**	0.10	0.03	0.37	0.07	1.22	0.11	2.54	0.19	4.44	0.36

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranına etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 93 ve Tablo 94'te verilmiştir.

Tablo 93. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	200.67	2	100.33	39.19	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	871.51	1	871.51	340.37	***
	A*B(İnteraksiyon)	65.09	2	32.54	12.71	***
	Hata	61.45	24	2.56		
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	264.94	2	132.47	38.37	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	505.98	1	505.98	146.56	***
	A*B(İnteraksiyon)	164.57	2	82.28	23.83	***
	Hata	82.86	24	3.45		

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) ve çinko borat (ÇB) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın su alma oranına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 94. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	48.27	2	24.13	19.88	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	310.81	1	310.81	255.97	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.64	2	0.32	0.26	ÖD
	Hata	29.14	24	1.21		
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	140.84	2	70.42	215.80	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	66.18	1	66.18	202.80	***
	A*B(İnteraksiyon)	45.03	2	22.51	68.99	***
	Hata	7.83	24	0.33		

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) ve çinko borat (ÇB) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın su alma oranına etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın su alma oranları üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 95’de verilmiştir.

Tablo 95. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların su alma oranlarına ait homojenlik grupları

ATH			ZB		
YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG	YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	c	c	0	b	c
20	b	b	3	a	b
40	a	a	6	a	a

3.3.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler (YGM) ile üretilen levhaların uzun süreli belirlenen kalınlık artış oranlarına ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 96 ve Tablo 97’de verilmiştir. Ölçümler, 2, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 2, 3, 4 hafta, 2, 3, 4, 5, 6 ay sürelerde periyodik olarak her levha tipi için gerçekleştirilmiş olup, 2 saat, 2 gün, 2 hafta, 2 ay ve 6 aylık ölçümler istatistiksel değerlendirilmiş ve Tablo 96 ve Tablo 97’de verilmiştir. 24, 72, 96, 120, 144, 168 saat, 3 ve 4 hafta, 3, 4 ve 5 aylık ölçümler ise Ek Tablo 13 ve Tablo 14’te sadece örnek olması açısından verilmiş olup, bu kısım istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır. Denemeler 5’er örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 96. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
YGM Tipi	Levha Tipi	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
Kontrol	Ç4*	0.41	0.01	0.86	0.18	1.43	0.51	2.13	0.63	2.86	0.55
	Ç9**	0.38	0.31	0.46	0.18	1.54	0.31	2.37	0.34	2.37	0.34
	Ç12*	0.00	0.00	0.16	0.17	0.55	0.27	0.86	0.35	1.41	0.49
	Ç15**	0.08	0.11	0.78	0.27	1.83	0.47	2.20	0.51	2.28	0.53
ATH	Ç17*	0.00	0.00	0.06	0.09	0.60	0.23	0.92	0.29	1.29	0.31
	Ç18*	0.00	0.00	0.10	0.10	0.54	0.19	0.88	0.31	1.21	0.46
	Ç19**	0.04	0.09	0.78	0.40	1.61	0.69	1.86	0.66	1.86	0.66
	Ç20**	0.04	0.09	0.44	0.22	1.32	0.31	1.61	0.39	1.73	0.29
ÇB	Ç21*	0.00	0.00	0.12	0.18	0.53	0.29	0.79	0.24	1.21	0.22
	Ç22*	0.00	0.00	0.14	0.09	0.54	0.35	0.87	0.31	1.13	0.44
	Ç23**	0.12	0.11	0.31	0.18	0.66	0.42	0.82	0.38	0.93	0.38
	Ç24**	0.00	0.00	0.19	0.19	0.55	0.25	0.78	0.19	0.90	0.22

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 97. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların kalınlık artış değerleri

Suda Bekletme süresi		2 saat		2 gün		2 hafta		2 ay		6 ay	
YGM Tipi	Levha Tipi	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
Kontrol	L4*	0.08	0.08	0.31	0.08	0.98	0.09	1.56	0.30	2.31	0.31
	L9**	0.00	0.00	0.31	0.11	1.12	0.53	2.08	0.50	2.40	0.46
	L12*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.10	0.32	0.13	0.45	0.15
	L15**	0.04	0.09	0.31	0.10	0.99	0.26	1.25	0.41	1.50	0.41
ATH	L17*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.01	0.22	0.01	0.31	0.12
	L18*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.09	0.12	0.21	0.12
	L19**	0.04	0.10	0.17	0.10	0.43	0.30	0.93	0.40	1.32	0.55
	L20**	0.00	0.00	0.04	0.10	0.40	0.27	0.84	0.39	1.24	0.36
ÇB	L21*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.18	0.26	0.18	0.30	0.11
	L22*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.12	0.18	0.10
	L23**	0.04	0.10	0.17	0.18	0.38	0.27	0.47	0.34	0.85	0.39
	L24**	0.04	0.10	0.04	0.10	0.13	0.12	0.39	0.18	0.62	0.19

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 98 ve Tablo 99’da verilmiştir.

Tablo 98. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	12.52	2	6.26	10.06	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	10.61	1	10.61	17.04	***
	A*B(İnteraksiyon)	1.18	2	0.59	.95	ÖD
	Hata	14.94	24	0.62		
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	31.99	2	16.00	39.37	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	2.13	1	2.13	5.24	*
	A*B(İnteraksiyon)	5.51	2	2.75	6.78	**
	Hata	9.75	24	0.41		

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının ve termoplastik polimer tipinin levhanın su alma oranı üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat (ÇB) kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkisi %5 hata payı ile önemli ve bu faktörlerinin karşılıklı etkileri %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 99. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranına etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	1.11	2	0.56	3.19	ÖD
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	9.44	1	9.44	54.26	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.50	2	0.25	1.44	ÖD
	Hata	4.18	24	0.17		
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	3.50	2	1.75	15.52	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	4.58	1	4.58	40.55	***
	A*B(İnteraksiyon)	1.88	2	0.94	8.33	***
	Hata	2.71	24	0.11		

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipinin %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın kalınlık artış oranı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat (ÇB) kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerinin karşılıklı etkileri levhanın kalınlık artış oranı üzerinde %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın kalınlık artış oranları üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 100'de verilmiştir.

Tablo 100. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranlarına ait homojenlik grupları

ATH			ZB		
YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG	YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	b	%95 önem düzeyi ile anlamlı fark bulunmamıştır	0	b	b
20	a		3	a	a
40	a		6	a	a

3.3.2. Mekanik Özellikler

3.3.2.1. Eğilme Özellikler

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 101’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 101. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) değerleri

YGM Tipi	ÇFA				MDFZT					
	Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)		Levha Tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)	
		X	S	X	S		X	S	X	S
Kontrol	Ç4*	22.64	0.72	1038.03	57.96	L4*	24.57	0.88	1348.57	15.17
	Ç9**	27.70	1.29	1482.78	49.64	L9**	30.91	1.53	1427.49	25.75
	Ç12*	31.89	1.26	1521.14	77.12	L12*	24.68	1.72	1692.57	34.91
	Ç15**	28.65	1.39	1696.62	50.07	L15**	32.01	0.50	1803.72	80.61
ATH	Ç17*	27.25	0.64	1576.25	17.18	L17*	23.45	0.52	1269.99	27.62
	Ç18*	26.51	0.28	1890.89	84.89	L18*	23.38	0.79	1275.59	75.54
	Ç19**	32.52	1.62	2141.06	57.63	L19**	30.68	1.46	1549.64	31.64
	Ç20**	34.03	2.26	2578.32	219.59	L20**	30.05	1.00	1568.11	25.55
ÇB	Ç21*	25.03	0.77	1018.52	30.58	L21*	23.88	0.46	1134.26	26.49
	Ç22*	24.57	0.27	1068.87	40.82	L22*	22.54	0.76	1135.24	46.51
	Ç23**	25.36	0.65	1012.95	23.90	L23**	29.67	0.81	1156.00	58.62
	Ç24**	25.41	0.69	1004.02	32.26	L24**	29.17	1.50	1166.69	25.70

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 102 ve Tablo 103'te verilmiştir.

Tablo 102. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	0.99	2	0.49	0.25	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	75.88	1	75.88	38.80	***
		A*B(İnteraksiyon)	161.25	2	80.62	41.22	***
		Hata	46.94	24	1.96		
		Toplam	27544.27	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	178.92	2	89.46	105.49	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	3.62	1	3.62	4.27	ÖD
		A*B(İnteraksiyon)	24.74	2	12.37	14.58	***
		Hata	20.35	24	0.85		
		Toplam	21805.92	30			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. Çinko borat(ÇB)kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 103. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	2881021.86	2	1440510.93	104.71	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	1123325.55	1	1123325.55	81.65	***
		A*B(İnteraksiyon)	876377.56	2	438188.78	31.85	***
		Hata	330182.62	24	13757.61		
		Toplam	108582500.10	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	1348828.56	2	674414.28	145.81	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	21767.52	1	21767.52	4.71	*
		A*B(İnteraksiyon)	9618.57	2	4809.28	1.04	ÖD
		Hata	111004.61	24	4625.19		
		Toplam	42973772.81	30			

Levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine ATH kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %0.1 hata payı ile önemli bulunmuştur. Çinko borat kullanım oranları levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi %5 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme özellikleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 104 ve Tablo 105’de verilmiştir.

Tablo 104. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilme Direnci	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	14.69	2	7.35	5.35	**
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	375.24	1	375.24	273.24	***
		A*B(İnteraksiyon)	0.62	2	0.31	0.23	ÖD
		Hata	32.96	24	1.37		
		Toplam	22907.97	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	31.74	2	15.87	13.09	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	324.79	1	324.79	267.93	***
		A*B(İnteraksiyon)	2.97	2	1.49	1.23	ÖD
		Hata	29.09	24	1.21		
		Toplam	22245.09	30			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; ATH kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri % 1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. ÇB kullanım oranlarının ve termoplastik polimer tipinin levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir

Tablo 105. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipi, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Eğilmede Elastikiyet Modülü	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	736923.66	2	368461.83	139.57	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	389093.80	1	389093.80	147.39	***
		A*B(İnteraksiyon)	51204.33	2	25602.16	9.70	**
		Hata	63358.95	24	2639.96		
		Toplam	71156082.30	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	2400958.30	2	1200479.15	490.74	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	22507.46	1	22507.46	9.20	**
		A*B(İnteraksiyon)	12034.80	2	6017.40	2.46	ÖD
		Hata	58710.25	24	2446.26		
		Toplam	57013585.70	30			

Levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine ATH kullanım oranları ve termoplastik polimer tipi %0.1 hata payı ile önemli, bu faktörlerin karşılıklı etkileri %1 hata payı ile önemli bulunmuştur. Çinko borat kullanım oranları levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi %1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın eğilme özellikleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 106'da verilmiştir.

Tablo 106. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici ile üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait homojenlik grupları

YGM Tipi	Çay Fabrikası Atığı		MDF Zımpara Tozu	
ATH Kullanım Oranı (%)	ED-HG	EEM-HG	ED-HG	EEM-HG
0	%95 önem düzeyi ile anlamlı fark bulunmamıştır.	c	a	a
20		b	b	b
40		a	b	b
ÇB Kullanım Oranı (%)	ED-HG	EEM-HG	ED-HG	EEM-HG
0	a	a	a	a
3	b	b	b	b
6	b	b	b	b

3.3.2.2. Çekme Özellikleri

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarına (KUM) ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 107 ve Tablo 108’de verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 107. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri

YGM Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	Ç4*	12.43	0.34	513.35	25.02	3.81	0.15
	Ç9**	13.53	0.46	651.20	7.92	2.92	0.17
	Ç12*	16.24	0.16	589.82	14.80	4.01	0.27
	Ç15**	16.96	0.34	659.62	7.74	3.15	0.10
ATH	Ç17*	15.61	0.70	598.70	11.80	3.48	0.21
	Ç18*	15.42	0.69	606.13	26.51	3.50	0.28
	Ç19**	16.53	0.95	719.10	14.04	2.84	0.18
	Ç20**	16.31	1.02	809.13	24.07	2.60	0.16
ÇB	Ç21*	16.18	0.47	562.01	20.87	3.97	0.21
	Ç22*	15.99	0.24	557.89	25.79	3.96	0.30
	Ç23**	15.91	0.42	568.69	30.37	3.45	0.14
	Ç24**	15.70	0.42	609.29	15.74	3.47	0.31

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 108. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri

YGM Tipi	Levha Tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
		X	S	X	S	X	S
Kontrol	L4*	12.40	0.60	591.96	13.44	2.56	0.18
	L9**	13.63	0.40	710.43	8.06	2.81	0.21
	L12*	12.82	0.14	598.38	9.90	2.71	0.18
	L15**	16.43	0.95	695.97	22.60	3.07	0.09
ATH	L17*	14.04	0.69	586.25	14.73	2.86	0.07
	L18*	13.48	0.80	627.67	20.61	2.57	0.07
	L19**	16.43	1.27	721.73	27.89	2.58	0.23
	L20**	16.43	0.35	831.78	9.15	2.51	0.05
ÇB	L21*	15.01	0.31	586.99	10.63	3.08	0.15
	L22*	14.97	0.93	587.37	24.25	3.09	0.28
	L23**	15.64	3.00	607.47	34.93	3.11	0.48
	L24**	15.22	1.00	648.78	32.36	3.08	0.30

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarına etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 109, Tablo 110 ve Tablo 111'de verilmiştir.

Tablo 109. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	YGM Tipi	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	2.86	2	1.43	2.81	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	5.33	1	5.33	10.49	**
		A*B(İnteraksiyon)	0.06	2	0.03	0.06	ÖD
		Hata	12.20	24	0.51		
		Toplam	7871.96	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	3.01	2	1.51	11.76	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.02	1	0.02	0.17	ÖD
		A*B(İnteraksiyon)	1.66	2	0.83	6.48	**
		Hata	3.07	24	0.13		
		Toplam	7846.65	30			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipi %1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat (ÇB) kullanım oranlarının levhanın çekme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın çekme direnci üzerine etkileri %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 110. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	YGM Tipi	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	34726.01	2	17363.00	55.23	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	128829.36	1	128829.36	409.78	***
		A*B(İnteraksiyon)	22606.41	2	11303.21	35.95	***
		Hata	7545.29	24	314.39		
		Toplam	13410642.22	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	18498.58	2	9249.29	21.77	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	13625.19	1	13625.19	32.06	***
		A*B(İnteraksiyon)	5268.44	2	2634.22	6.20	**
		Hata	10198.97	24	424.96		
		Toplam	10533776.50	30			

Levhanın çekmede elastikiyet modülü üzerine ATH kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. ÇB kullanım oranları, termoplastik polimer tipi %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 111. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kopmada uzama miktarına etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	1.57	2	0.78	23.22	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	4.77	1	4.77	141.50	***
		A*B(İnteraksiyon)	0.10	2	0.05	1.43	ÖD
		Hata	0.81	24	0.03		
		Toplam	326.46	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	0.12	2	0.06	1.08	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	2.88	1	2.88	51.81	***
		A*B(İnteraksiyon)	0.22	2	0.11	1.99	ÖD
		Hata	1.34	24	0.06		
		Toplam	408.33	30			

Levhanın kopmada uzama miktarı üzerine ATH ve ÇB kullanım oranları %5 hata payı ile önemsiz ve termoplastik polimer tipi %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın kopmada uzama miktarı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Yangın geciktirici (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarına etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 112-114 arasında verilmiştir.

Tablo 112. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme direncine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekme Direnci	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	1.84	2	0.92	1.22	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	66.78	1	66.78	88.86	***
		A*B (İnteraksiyon)	1.87	2	0.93	1.24	ÖD
		Hata	18.04	24	0.75		
		Toplam	6782.84	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	2.52	2	1.26	0.64	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	16.83	1	16.83	8.50	**
		A*B (İnteraksiyon)	16.95	2	8.47	4.28	*
		Hata	47.55	24	1.98		
		Toplam	6848.55	30			

MDF zımpara kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipi %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat(ÇB)kullanım oranlarının levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipinin %1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın çekme direnci üzerine etkileri %5 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 113. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Çekmede Elastikiyet Modülü	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	41986.55	2	20993.28	51.76	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	159285.08	1	159285.08	392.74	***
		A*B (İnteraksiyon)	14575.80	2	7287.90	17.97	***
		Hata	9733.67	24	405.57		
		Toplam	13973948.20	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	12586.78	2	6293.39	8.85	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	26848.41	1	26848.41	37.74	***
		A*B (İnteraksiyon)	7442.17	2	3721.09	5.23	**
		Hata	17074.71	24	711.45		
		Toplam	11626662.50	30			

Levhanın çekmede elastikiyet modülü üzerine ATH kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %0.1 hata payı ile önemli bulunmuştur. Çinko borat kullanım oranları, termoplastik polimer tipinin levhanın çekmede elastikiyet modülü üzerine %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 114. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların kopmada uzama miktarı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	YGM Tipi	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
Kopmada Uzama Miktarı	ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	0.62	2	0.31	17.38	***
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.00	1	0.00	0.02	ÖD
		A*B (İnteraksiyon)	0.53	2	0.26	14.83	***
		Hata	0.43	24	0.02		
		Toplam	223.20	30			
	ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	0.26	2	0.13	1.69	ÖD
		Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.12	1	0.12	1.58	ÖD
		A*B (İnteraksiyon)	0.21	2	0.10	1.37	ÖD
		Hata	1.83	24	0.08		
		Toplam	276.75	30			

Levhanın kopmada uzama miktarı üzerine ATH kullanım oranları %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın kopmada uzama miktarı üzerine etkileri %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. ÇB kullanım oranları ve termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri levhanın kopmada uzama miktarı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın çekme özellikleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 115'de verilmiştir.

Tablo 115. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları

YGM Tipi	Çay Fabrikası Atığı			MDF Zımpara Tozu		
	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG
ATH Kullanım Oranı (%)						
0	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır	c	a	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır	b	a
20		b	b		b	b
40		a	b		a	c
ÇB Kullanım Oranı (%)						
0	a	a	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır	a	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır
3	b	b			b	
6	b	b			b	

3.3.1.3. Darbe Direnci

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 116’da verilmiştir. Denemeler 10’ar örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 116. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen termoplastik levhaların darbe direnci değerleri

YGM Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (J/m)	S	Levha Tipi	X (J/m)	S
Kontrol	Ç4*	35.09	2.22	L4*	29.27	1.32
	Ç9**	16.87	0.51	L9**	19.17	0.16
	Ç12*	28.60	0.63	L12*	21.68	3.60
	Ç15**	16.03	3.04	L15**	20.22	0.56
ATH	Ç17*	24.43	1.03	L17*	19.10	0.67
	Ç18*	24.66	1.00	L18*	19.02	1.60
	Ç19**	18.63	1.07	L19**	18.94	1.50
	Ç20**	14.26	0.68	L20**	18.46	1.33
ÇB	Ç21*	29.05	0.89	L21*	19.28	0.72
	Ç22*	26.66	1.04	L22*	20.25	0.62
	Ç23**	16.13	0.76	L23**	20.24	0.73
	Ç24**	15.44	0.39	L24**	28.53	0.48

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 117 ve Tablo 118’de verilmiştir.

Tablo 117. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	43.53	2	21.77	9.59	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	689.57	1	689.57	303.91	***
	A*B(İnteraksiyon)	59.65	2	29.82	13.14	***
	Hata	54.46	24	2.27		
	Toplam	14204.77	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	1122.41	1	1122.41	518.78	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	13.45	2	6.72	3.11	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	4.02	2	2.01	0.93	ÖD
	Hata	51.93	24	2.16		
	Toplam	15691.57	30			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; ATH ve ÇB kullanım oranlarının, termoplastik polimer tipinin ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın darbe direnci üzerine etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. Çinko borat kullanım oranlarının darbe direnci üzerine etkisi %0.1 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Tablo 118. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	29.02	2	14.51	3.95	*
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	3.95	1	3.95	1.08	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	2.24	2	1.12	0.31	ÖD
	Hata	88.18	24	3.67		
	Toplam	11613.33	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	115.79	2	57.90	22.72	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	50.49	1	50.49	19.81	***
	A*B(İnteraksiyon)	128.68	2	64.34	25.24	***
	Hata	61.17	24	2.55		
	Toplam	14484.57	30			

MDF zımpara kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; ATH kullanım oranlarının levhanın darbe direnci üzerine etkisinin %5 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat kullanım oranları, termoplastik polimer tipi ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın darbe direnci değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 119'da verilmiştir.

Tablo 119. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların darbe direnci değerlerine ait homojenlik grupları

ATH			ÇB		
ATH Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG	ÇB Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	a	a	0	%95 önemle anlamlı fark bulunmamıştır	b
20	a	b	3		b
40	b	b	6		a

3.3.3. Termal Özellikler

3.3.3.1. Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)

TGA analiz sonucunda lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici kullanılarak üretilen levhaların bozunma sıcaklıkları, DTG pikleri ve 500°C sıcaklıktaki kalıntı değerleri Tablo 120 ve Tablo 121’de verilmiştir.

Tablo 120. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların termogravimetrik karakteristikleri ve DTG pikleri

YGM Tipi	Levha Tipi	Bozunma Sıcaklığı (°C)	DTGmax			500 °C sıcaklıktaki kalıntı (%)
			1. Pik (°C)	2.Pik (°C)	3.Pik (°C)	
Kontrol	Ç4*	261.4	302.6	423.9		2.8
	Ç9**	256.9	302.6	392.1		4.2
	Ç12*	264.8	319.7	462.3		4.25
	Ç15**	292.2	361.2			4.5
ATH	Ç17*	264.7	301.6	464.5		13.5
	Ç18*	265.0	301.6	462.3		20.2
	Ç20**	291.1	346.3			13.8
	Ç21**	300.2	360.1			21.6
ÇB	Ç22*	309.3	331.4	427.2	467.7	8.6
	Ç23*	312.7	331.4	427.2	469.8	12.7
	Ç24**	283.1	341.9			6.3
	Ç25**	287.7	363.3			6.5

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 121. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların termogravimetrik karakteristikleri ve DTG pikleri

YGM Tipi	Levha Tipi	Bozunma Sıcaklığı (°C)	DTGmax			500 °C sıcaklıkta kalıntı (%)
			1.Pik (°C)	2.Pik (°C)	3.Pik (°C)	
Kontrol	L4*	305.8	341.9	421.9	483.6	9.2
	L9**	287.6	356.9	467.7		4.2
	L12*	290	335.7	475.1		13.5
	L15**	282.6	362.3			4.25
ATH	L17*	305.8	332.4	483.6		27.1
	L18*	305.5	324.9	479.3		33.2
	L19**	289.2	348.5			16.9
	L20**	289.2	351.5			21.3
ÇB	L21*	309.3	340.9	419.7	483.6	18.6
	L22*	314.9	337.7	463.5		21.5
	L23**	300.2	358.0			8.0
	L24**	301.3	365.5			11.5

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

3.3.3.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Analizi (DSC)

DSC analiz sonucunda lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler kullanılarak üretilen levhaların onset sıcaklıkları ve erime sıcaklık değerleri Tablo 122 ve Tablo 123'te verilmiştir.

Tablo 122. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların onset sıcaklıkları ve erime sıcaklık değerleri

YGM Tipi	Levha Tipi	Onset Sıcaklık (°C)	Erime Sıcaklığı (°C)
Kontrol	Ç4*	125.0	133.9
	Ç9**	153.4	164.4
	Ç12*	123.2	131.4
	Ç15**	151.6	162.6
ATH	Ç17*	120.0	130.3
	Ç18*	119.7	129.9
	Ç20**	151.9	164.0
	Ç21**	154.1	162.6
ÇB	Ç22*	116.8	130.7
	Ç23*	116.8	131.4
	Ç24**	152.7	163.7
	Ç25**	151.6	163.3

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Tablo 123. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların onset sıcaklıkları ve erime sıcaklık değerleri

YGM Tipi	Levha Tipi	Onset Sıcaklık (°C)	Erime Sıcaklığı (°C)
Kontrol	L4*	122.8	132.5
	L9**	151.9	164.7
	L12*	121.4	133.9
	L15**	151.3	162.9
ATH	L17*	121.8	129.9
	L18*	120.4	130.3
	L19**	151.9	163.7
	L20**	152.3	163.3
ÇB	L21*	117.9	130.7
	L22*	117.9	130.7
	L23**	152.7	164.0
	L24**	152.3	164.0

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

3.3.4. Sınırlayıcı Oksijen İndeks (LOI) Değerleri

Lignoselülozik madde, birleştirici ve yangın geciktiriciler kullanılarak üretilen levhaların sınırlayıcı oksijen indeks (LOI) ve alev yayılma indeks değerleri Tablo 124'te verilmiştir.

Tablo 124. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen termoplastik levhaların sınırlayıcı oksijen indeks (LOI) değerleri

YGM Tipi	ÇFA		MDFZT	
	Levha Tipi	LOI (%O ₂)	Levha Tipi	LOI (%O ₂)
Kontrol	Ç4*	25.5	L4*	27.75
	Ç9**	25	L9**	25.25
	Ç12*	27	L12*	29.25
	Ç15**	26.25	L15**	25.75
ATH	Ç17*	30	L17*	30.5
	Ç18*	32.75	L18*	31.25
	Ç20**	29	L19**	29.75
	Ç21**	32	L20**	32.75
ÇB	Ç22*	27.5	L21*	29.75
	Ç23*	28.25	L22*	30.25
	Ç24**	26.5	L23**	26.75
	Ç25**	26.75	L24**	27
Saf YYPE				19.25
Saf PP				19

*:YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

3.3.5. Çürüklük Testi

Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler (YGM) kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybına ait ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 125’de verilmiştir.

Tablo 125. Lignoselülozik madde, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri

YGM Tipi	ÇFA			MDFZT		
	Levha Tipi	X (%)	S	Levha Tipi	X (%)	S
Kontrol	Ç4*	1.76	0.57	L4*	0.41	0.24
	Ç9**	3.07	0.27	L9**	0.64	0.33
	Ç12*	1.25	0.37	L12*	0.37	0.12
	Ç15**	2.36	0.25	L15**	0.54	0.28
ATH	Ç17*	1.02	0.13	L17*	0.35	0.16
	Ç18*	0.78	0.36	L18*	0.09	0.1
	Ç19**	1.98	0.14	L19**	0.28	0.22
	Ç20**	1.48	0.23	L20**	0.20	0.08
ÇB	Ç21*	0.78	0.21	L21*	0.19	0.08
	Ç22*	0.73	0.18	L22*	0.06	0.02
	Ç23**	1.45	0.10	L23**	0.21	0.14
	Ç24**	1.32	0.21	L24**	0.08	0.05
Sarıçam odunu					41.38	8.64
Kayın odunu					15.41	3.40

*: YYPE ile üretilen termoplastik levhalar **: PP ile üretilen termoplastik levhalar

Yangın geciktirici madde (YGM) kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin; lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 126 ve Tablo 127’de verilmiştir.

Tablo 126. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, çay fabrikası atığı ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	2.30	2	1.15	26.54	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	6.42	1	6.42	148.24	***
	A*B(İnteraksiyon)	0.22	2	0.11	2.52	ÖD
	Hata	1.04	24	0.04		
	Toplam	75.38	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	2.81	2	1.41	11.59	***
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	0.76	1	0.76	6.27	*
	A*B(İnteraksiyon)	1.42	2	0.71	5.84	**
	Hata	2.91	24	0.12		
	Toplam	7897.32	30			

Çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; alüminyum tri hidrat (ATH) kullanım oranlarının ve termoplastik polimer tipinin levha özellikleri üzerine etkileri %0.1 hata payı ile ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %5 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir. Çinko borat (ÇB) kullanım oranlarının çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri %0.1 hata payı ile, termoplastik polimer tipinin %5 hata payı ile ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin levhanın çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı üzerine etkileri %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 127. Yangın geciktirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, MDF zımpara tozu ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı üzerindeki etkisine ait çoğul varyans analizi sonuçları

YGM	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Düzeyi
ATH	ATH Kullanım Oranı (A)	1.84	2	0.92	1.22	ÖD
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	66.78	1	66.78	88.86	***
	A*B(İnteraksiyon)	1.87	2	0.93	1.24	ÖD
	Hata	18.04	24	0.75		
	Toplam	6782.84	30			
ÇB	ÇB Kullanım Oranı (A)	14.23	2	7.11	3.60	*
	Termoplastik Polimer Tipi (B)	8.33	1	8.33	4.21	ÖD
	A*B(İnteraksiyon)	24.63	2	12.32	6.23	**
	Hata	47.47	24	1.98		
	Toplam	7366.48	30			

MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalar için çoğul varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; ATH kullanım oranlarının levhanın çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemsiz, termoplastik polimer tipinin %0.1 hata payı ile önemli ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çinko borat (ÇB) kullanım oranlarının levhanın çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri %5 hata payı ile önemli, termoplastik polimer tipinin %5 hata payı ile önemsiz ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise % 1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranlarının levhanın çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri üzerine etkilerine ait duncan testi sonuçları Tablo 128'de verilmiştir.

Tablo 128. Yangın geciktirici madde kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin, lignoselülozik madde ve birleştirici kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testine bağlı ağırlık kaybı değerlerine ait homojenlik grupları

ATH			ÇB		
YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG	YGM Kullanım Oranı (%)	ÇFA Termoplastik Levhalar-HG	MDFZT Termoplastik Levhalar-HG
0	c	c	0	b	c
20	b	b	3	a	b
40	a	a	6	a	a

3.4. Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretilen Levhalara Ait Bulgular

Bu bölümde ticari reçetelere uygun olarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgulara yer verilmiştir. Bu bölümde elde edilen değerlerle ilgili basit varyans analizi (BVA) ile istatistiksel değerlendirme yapılmıştır.

3.4.1. Fiziksel Özellikler

3.4.1.1. Yoğunluk

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların yoğunluklarına ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 129'da verilmiştir.

Tablo 129. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların yoğunluk değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	X (g/cm ³)	S
ÇFA	YYPE	Ç25	1.17	0.02
	PP	Ç26	1.17	0.01
MDFZT	YYPE	L25	1.19	0.04
	PP	L26	1.19	0.02

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların yoğunluk değerleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını

belirlemek için basit varyans analizi yapılmış, analiz sonuçları Tablo 130'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımının levhanın yoğunluğuna %5 hata payı düzeyinde etki yapmadığı belirlenmiştir.

Tablo 130. Ticari reçetelerle üretilen levhaların yoğunluğuna ait basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.01	3	0.00	2.54	ÖD
Gruplar İçi	0.02	36	0.00		
Toplam	0.03	39			

3.4.1.2. Su Alma Oranı

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 131'de verilmiştir.

Tablo 131. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların su alma oranı değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	2 Saat		24 Saat	
			X (%)	S	X (%)	S
ÇFA	YYPE	Ç25	0.19	0.04	0.91	0.17
	PP	Ç26	0.52	0.01	2.43	0.08
MDFZT	YYPE	L25	0.19	0.04	0.91	0.17
	PP	L26	0.27	0.02	1.17	0.10

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranı üzerindeki etkilerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış analiz sonuçları Tablo 132'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımı 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına %0.1 hata payı hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 132. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına ait basit varyans analizi sonuçları

Suda Bekletme Süresi	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
2 saat	Gruplar Arası	0.61	3	0.20	422.27	***
	Gruplar İçi	0.01	28	0.00		
	Toplam	0.62	31			
24 saat	Gruplar Arası	0.61	3	0.20	422.27	***
	Gruplar İçi	0.01	28	0.00		
	Toplam	0.62	31			

Duncan testi ile belirlenen levhaların 2 ve 24 saat için su alma oranlarına ait homojenlik grupları Tablo 133'te gösterilmiştir.

Tablo 133. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranlarına ait homojenlik grupları

Levha Tipi	2 saat-HG	24 saat-HG
Ç25	b	a
Ç26	c	b
L25	a	a
L26	c	c

3.4.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için kalınlık artış oranlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 134'te verilmiştir.

Tablo 134. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların kalınlık artış oranı değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	2 Saat		24 Saat	
			X (%)	S	X (%)	S
ÇFA	YYPE	Ç25	0.00	0.00	0.16	0.14
	PP	Ç26	0.00	0.00	0.42	0.00
MDFZT	YYPE	L25	0.00	0.00	0.08	0.14
	PP	L26	0.00	0.00	0.16	0.14

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların 24 saat için kalınlık artış oranı üzerindeki etkilerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış analiz sonuçları Tablo 135’de verilmiştir. 2 saat için kalınlık artış oranı %0 olduğundan analiz yapılmamıştır. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımını 24 saat için su alma oranlarına %0.1 hata payı hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 135. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 24 saat için kalınlık artış oranına ait basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.50	3	0.17	14.50	***
Gruplar İçi	0.32	28	0.01		
Toplam	0.82	31			

Duncan testi ile belirlenen levhaların 24 saat için su alma oranına ait homojenlik grupları Tablo 136’da gösterilmiştir.

Tablo 136. Ticari reçetelerle üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat için su alma oranına ait homojenlik grupları

Levha Tipi	24 saat-HG
Ç25	c
Ç26	b
L25	a
L26	ab

3.4.2. Mekanik Özellikler

3.4.2.1. Eğilme Özellikleri

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların eğilme direncine ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 137’de verilmiştir.

Tablo 137. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	ED (N/mm ²)		EEM (N/mm ²)	
			X	S	X	S
ÇFA	YYPE	Ç25	20.71	0.23	2136.69	29.94
	PP	Ç26	27.90	0.89	2477.67	109.32
MDFZT	YYPE	L25	17.59	0.78	2773.89	90.51
	PP	L26	26.20	0.65	2878.13	48.25

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların eğilme özellikleri üzerindeki etkilerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış analiz sonuçları Tablo 138’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımı, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne, %0.1 hata payı hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 138. Ticari reçetelerle üretilen levhaların eğilme özelliklerine ait basit varyans analizi sonuçları

Eğilme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Eğilme Direnci	Gruplar Arası	551.19	3	183.73	758.75	***
	Gruplar İçi	6.78	28	0.24		
	Toplam	557.97	31			
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Gruplar Arası	3327450	3	1109149.84	213.60	***
	Gruplar İçi	186939.3	36	5192.76		
	Toplam	3514389	39			

Duncan testi ile belirlenen levhaların eğilme özelliklerine ait homojenlik grupları Tablo 139’da gösterilmiştir.

Tablo 139. Ticari reçetelerle üretilen levhaların eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülüne (EEM) ait homojenlik grupları

Levha Tipi	ED-HG	EEM-HG
Ç25	a	d
Ç26	c	c
L25	b	b
L26	d	a

3.4.2.2. Çekme Özellikleri

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların çekme direnci (ÇD), çekmede elastikiyet modülü (ÇEM) ve kopmada uzama miktarına (KUM) ait ortalama (X), standart sapma (S) değerleri Tablo 140'da verilmiştir.

Tablo 140. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarı (KUM) değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	ÇD (N/mm ²)		ÇEM (N/mm ²)		KUM (%)	
			X	S	X	S	X	S
ÇFA	YYPE	Ç25	10.13	0.18	570.35	13.66	2.24	0.12
	PP	Ç26	15.01	0.50	709.31	29.89	2.54	0.12
MDFZT	YYPE	L25	8.38	0.37	580.27	64.96	1.67	0.13
	PP	L26	13.43	0.57	740.89	10.96	2.15	0.12

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların çekme özellikleri üzerindeki etkilerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış analiz sonuçları Tablo 141'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımı, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama miktarına %0.1 hata payı hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 141. Ticari reçetelerle üretilen levhaların çekme özelliklerine ait basit varyans analizi sonuçları

Çekme Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Çekme Direnci	Gruplar Arası	198.24	3	66.08	421.08	***
	Gruplar İçi	4.39	28	0.16		
	Toplam	202.63	31			
Çekmede Elastikiyet Modülü	Gruplar Arası	163596.80	3	54532.60	64.85	***
	Gruplar İçi	23545.38	28	840.91		
	Toplam	187143.20	31			
Kopmada Uzama Miktarı	Gruplar Arası	2.50	3	0.84	87.22	***
	Gruplar İçi	0.27	28	0.01		
	Toplam	2.77	31			

Duncan testi ile belirlenen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları Tablo 142’de gösterilmiştir.

Tablo 142. Ticari reçetelerle üretilen levhaların çekme özelliklerine ait homojenlik grupları

Levha Tipi	ÇD-HG	ÇEM-HG	KUM-HG
Ç25	a	c	b
Ç26	c	b	a
L25	b	c	c
L26	d	a	b

3.4.2.3. Darbe Direnci

Lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerden ticari reçeteye uygun olarak üretilen levhaların darbe direncine ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 143’te verilmiştir.

Tablo 143. Ticari reçete ile endüstriyel boyutta üretilen levhaların darbe direnci değerleri

Lignoselülozik Dolgu Maddesi	Termoplastik Polimer Tipi	Levha tipi	X (J/m)	S
ÇFA	YYPE	Ç25	17.89	1.55
	PP	Ç26	14.68	1.18
MDFZT	YYPE	L25	15.98	1.02
	PP	L26	17.90	1.02

Ticari reçetelere göre farklı lignoselülozik madde ve termoplastik polimerlerle üretilen levhaların darbe direnci üzerindeki etkilerinin anlamlı olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış, analiz sonuçları Tablo 144’te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, farklı lignoselülozik ve termoplastik madde kullanımı, darbe direncine %0.1 hata payı hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 144. Ticari reçetelerle üretilen levhaların darbe direncine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	58.78	3	19.59	17.34	***
Gruplar İçi	31.64	28	1.13		
Toplam	90.42	31			

Duncan testi ile belirlenen levhaların darbe direncine ait homojenlik grupları Tablo 145’de gösterilmiştir.

Tablo 145. Ticari reçetelerle üretilen levhaların darbe direncine ait homojenlik grupları

Levha Tipi	HG
Ç25	c
Ç26	b
L25	a
L26	ab

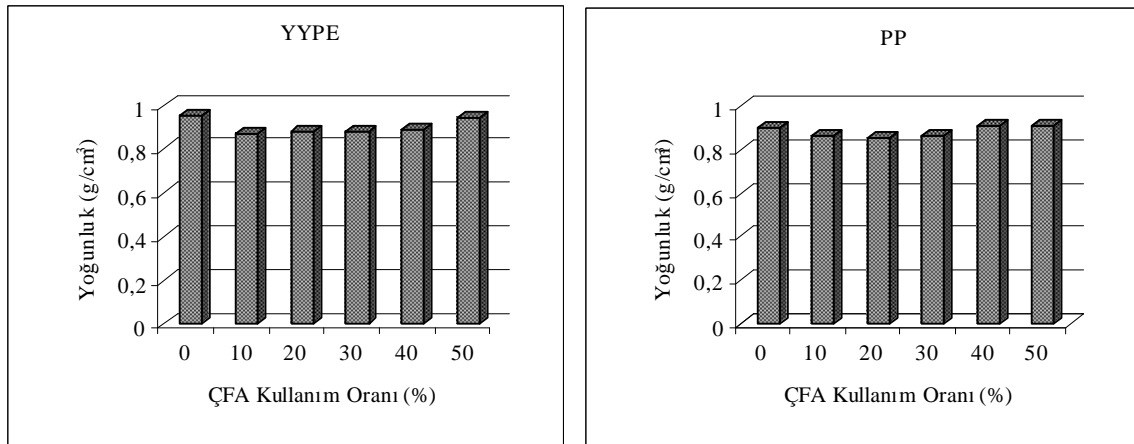
4. İRDELEME

4.1. Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

4.1.1. Fiziksel Özellikler

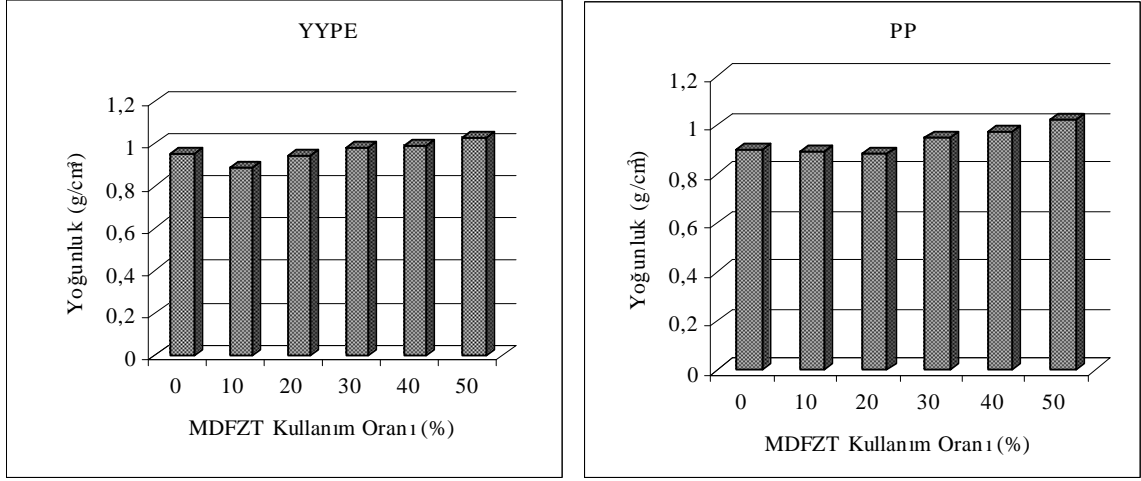
4.1.1.1. Yoğunluk

Çay fabrikası atıkları ile YYPE kullanılarak üretilen levhalarda yoğunluk değerleri en düşük 0.87 g/cm^3 , en yüksek 0.94 g/cm^3 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 0.86 g/cm^3 , en yüksek 0.91 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Şekil 31’de çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 31. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

MDF zımpara tozu ve YYPE kullanılarak üretilen levhalarda yoğunluk değerleri en düşük 0.89 g/cm^3 , en yüksek 1.03 g/cm^3 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 0.89 g/cm^3 , en yüksek 1.02 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Şekil 32’de MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhalarının yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 32. MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

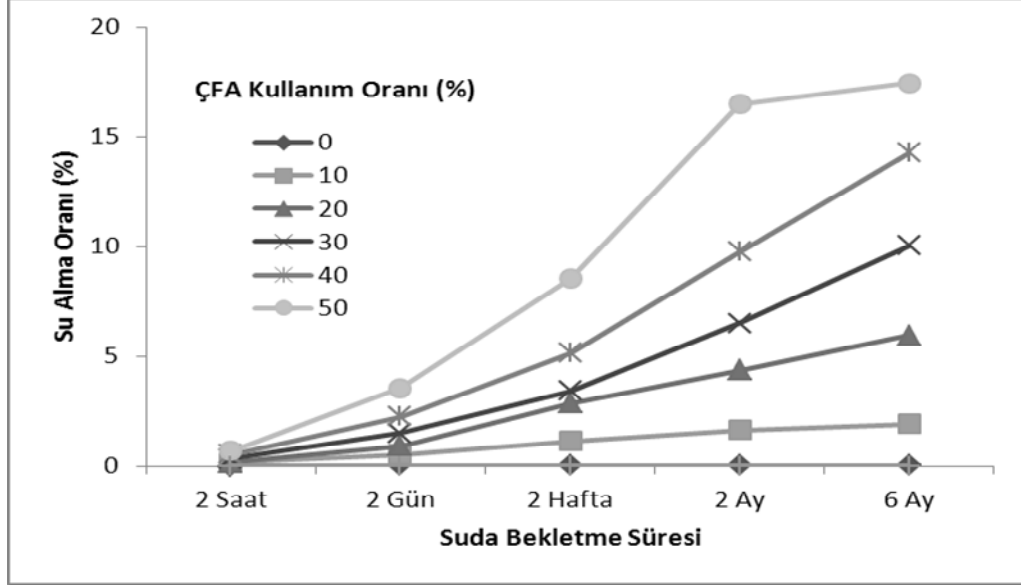
Şekil 31 ve Şekil 32 incelendiğinde yoğunluk değerleri arasında ciddi farklılık bulunmadığı görülmektedir. Odunsu materyallerin yoğunluk değerlerinin partikül büyüklüğüne ve hücre çeper yoğunluğuna bağlı olması nedeniyle, odun plastik kompoziti üretiminde lignoselülozik madde kullanım oranının yoğunluk üzerinde çok belirgin bir etki oluşturmaması normal sayılabilir. Öte yandan YYPE'nin yoğunluğunun (0.95 g/cm^3), PP'nin yoğunluğundan (0.9 g/cm^3) daha fazla olması nedeniyle YYPE ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerinde az da olsa bir artış görülmektedir (Clemons, 2002; Kylosov, 2007).

Çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri birbirine yakın değerler elde edilmiştir ve lignoselülozik madde kullanım oranı arttıkça yoğunluk değerlerinde az miktarda artış gözlenmiştir. Baroulaki ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada eski gazete kâğıdı liflerinin belirli oranlarda levha üretiminde kullanımını araştırmışlar ve lif kullanım oranı arttıkça levhaların yoğunluk değerlerinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Üretim sırasında lignoselülozik maddelerinin rutubeti de yoğunluk açısından önemli bir faktördür (Kylosov, 2007; Binhussain v.d., 2009).

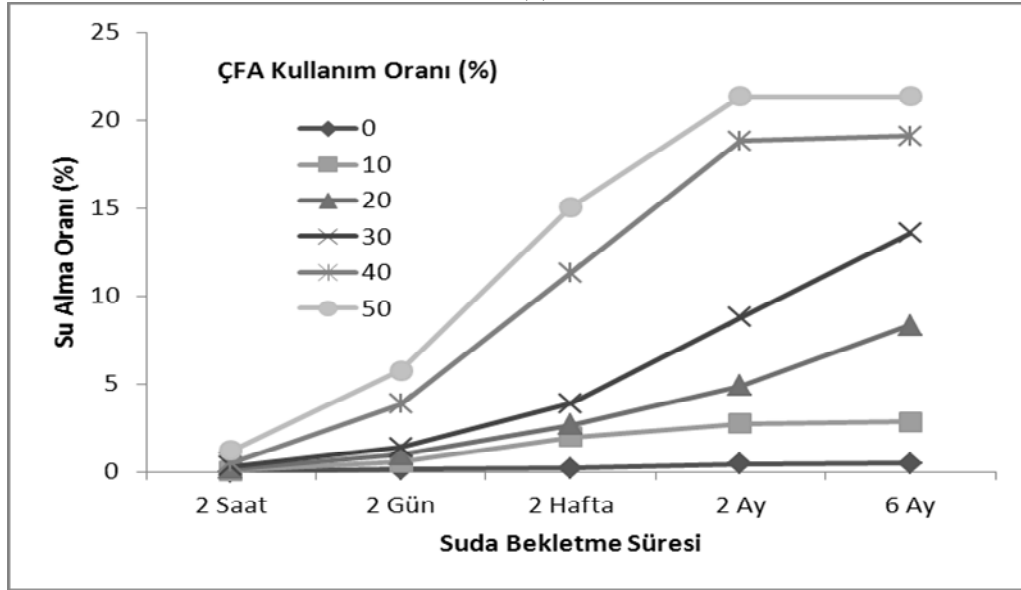
4.1.1.2. Su Alma Oranı

YYPE ile çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen termoplastik levhaların su alma oranları, 2 saat için en düşük %0.16, en yüksek %0.69 iken 6 ay için ise en düşük %1.93, en yüksek %17.44 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.09,

en yüksek %1.21 iken 6 ay için ise en düşük %2.86, en yüksek %21.36 olarak belirlenmiştir. Şekil 33'de çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların 6 ay süresince su alma oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



(a)

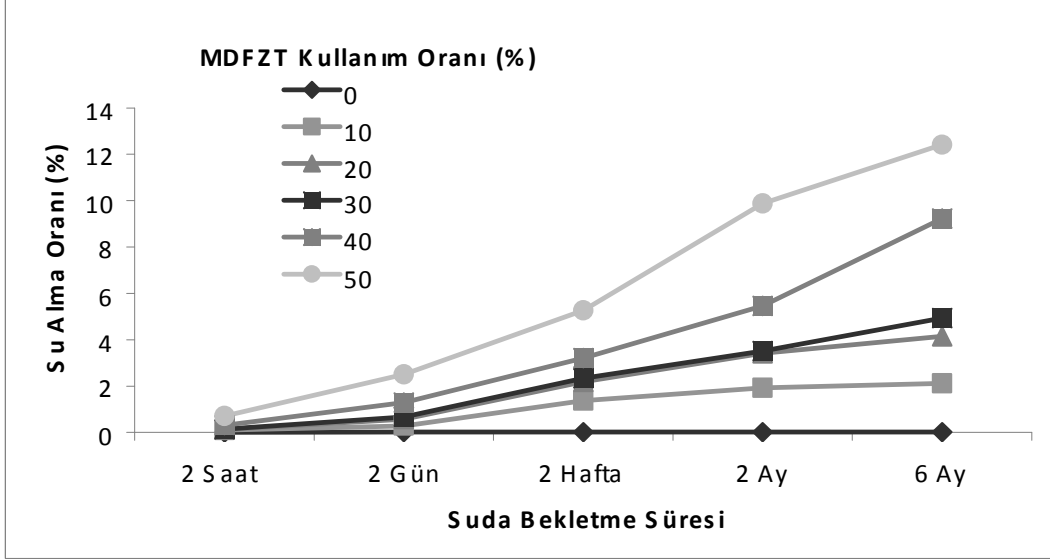


(b)

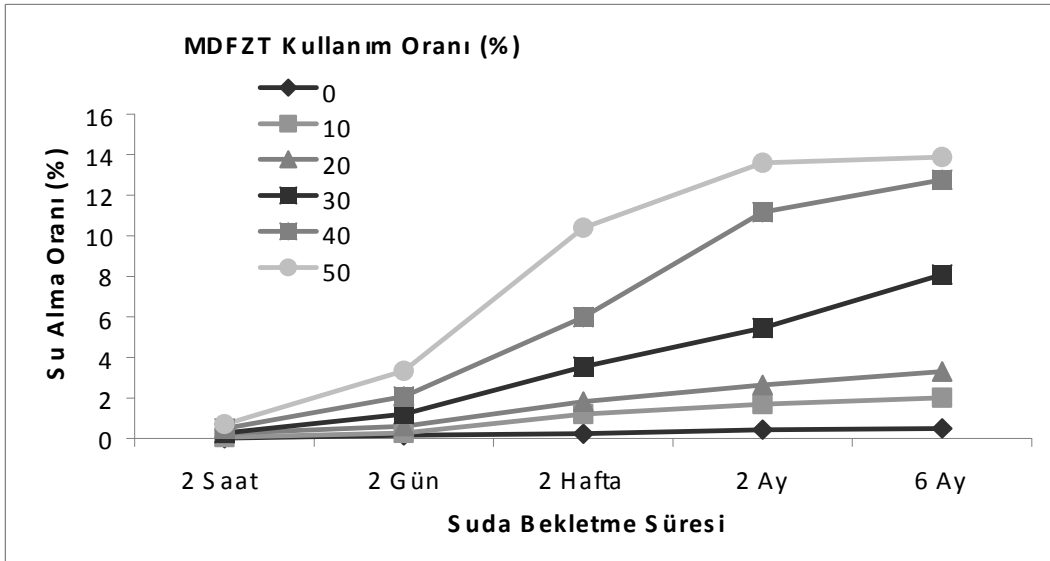
Şekil 33. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların uzun su alma oranları

YYPE ile MDF zımpara tozu dolgulu üretilen termoplastik levhaların su alma oranları 2 saat için en düşük %0.10, en yüksek %0.71 iken 6 ay için ise en düşük %2.12, en yüksek %12.41 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.06, en

yüksek %0.71 iken 6 ay için ise en düşük %2.02, en yüksek %13.88 olarak belirlenmiştir. Şekil 34'de MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhaların 6 ay süresince su alma oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 34. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

Şekil 33 ve Şekil 34'den de anlaşılacağı üzere tüm levha tiplerinde su alma oranı suda bekletme süresi arttıkça artmıştır. En yüksek su alma oranı %50 lignoselülozik dolgu oranı ile üretilen levhalarda elde edilmiştir. Ancak bu artış hidrofil karakterde olan odun ve lignoselülozik maddelere göre oldukça düşüktür. Örneğin yapılan bir çalışmada bazı odun

türlerinin su alma oranları belirlenmiş ve 48 saat suda bekletme süresi sonunda su alma oranları sarıçam için %100, göknar için %139, kızılâğaç için %81.30 ve kavak için %95.53 olarak elde edilmiştir (Kılıç ve Hafizoğlu, 2002). Burada odunsu materyalin ne kadar higroskopik olduğu daha belirgin gözlenmektedir.

Sadece her iki termoplastik polimer tipinin kontrol örnekleri hidrofobik karakterde oldukları için maksimum su alma oranı YYPE için %0.04, PP için ise %0.51 olarak elde edilmiştir. Tüm levha gruplarında lignoselülozik karakterde olan çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu miktarı arttıkça su alma oranında artış meydana gelmiştir. Levhanın yapısında bulunan lignoselülozik özellikteki odun ya da odunsu materyal, kompozit malzemenin su alma oranını ciddi anlamda etkilemektedir (Stokke ve Gardner, 2003). Levha üretimlerinin başladığı ilk zamanlarda, odunsu materyalin plastik tarafından tamamen sarıldığı ve bu yüzden su, mantar, küf vb. biyolojik zararlıların ona ulaşamayacağı kanısı hâkimdi. Daha sonra yapılan çalışmalar bu kanıyı tamamen doğru olmayabileceğini ortaya koymuştur (Morris ve Cooper, 1998; Mankowski ve Morrell, 2000; Mankowski v.d., 2005; Manning v.d., 2006; Defoirdt v.d., 2010). Kylosov (2007)'a göre odun plastik kompozitlerini poroz malzeme sınıfında değerlendirmektedir. Odun ile termoplastik polimer arasındaki adhezyon bazen zayıf olup, levha içersinde küçük boşlukların oluşmasına neden olabilir.

Lignoselülozik malzemeler bünyelerinde hidroksil grupları içerdikleri için hidrofilik yapıdadır (Najafi v.d., 2008). Buna karşın bünyesindeki hidrofobik özelliğe sahip plastikler sayesinde levhaların su alma oranı odun ve odun esaslı levha ve diğer lignoselülozik materyallere göre daha düşüktür (Wang ve Morrell, 2004, Kylosov, 2007). Su sadece kompozitin içersindeki lignoselülozik materyalin bulunduğu bölgede absorbe edilebilir. Bu nedenle, plastik sınırlardan geçişleri mümkün değildir. Bu nedenle, lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhaların su alma oranı da artmaktadır (George v.d., 2001; Khan v.d., 2003; Stark ve Rowlands, 2003; Adhikary v.d., 2008; Ghasemi ve Kord, 2009; Kord, 2011a).

Lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin istatistiksel olarak su alma oranı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. En yüksek su alma oranı %50 oranında lignoselülozik dolgu oranı ile üretilen kompozit levhalarda elde edilmiştir. Ayrıca sonuçlara göre PP esaslı kompozitlerin YYPE esaslı kompozitlere göre daha yüksek su alma oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda PP esaslı

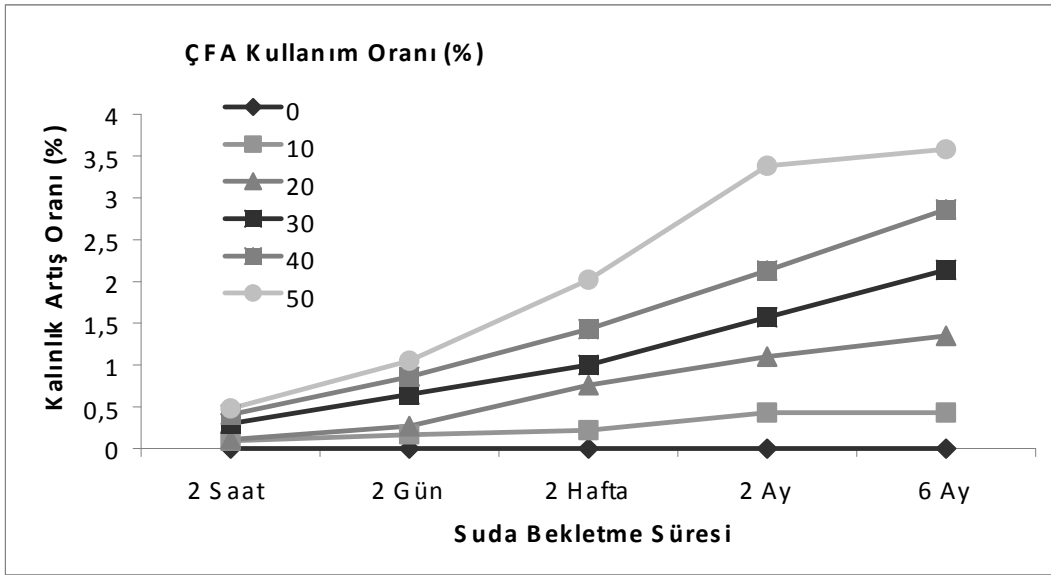
levhaların su alma oranı YYPE esaslı levhalara göre daha yüksek çıktığı rapor edilmiş olup (Najafi v.d., 2007; Zabihzadeh, 2010) sonuçlar bu anlamda literatüre uygundur.

Çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda su alma oranı MDF zımpara tozu ile üretilen levhalardan daha yüksek çıkmıştır. MDF zımpara tozu (200 mesh ve üzeri), çay fabrikası atıklarına (45 mesh) göre daha küçük boyutta kullanılmasından dolayı polimer matrisi içerisinde daha üniform bir dağılım göstermiş olabilir. Wang ve Morrel (2004) iki ticari levha üretici firmanın ürünlerinin 215 günlük bir periyotta su alma karakteristiklerini incelemiştir. Sonuçta daha küçük boyutlu odunsu materyal kullanarak üretim yapan firmanın levhaları 215 günün sonunda %10.69 oranında su alırken, daha büyük boyutlu odunsu materyal kullanan firmanın levhalarının 195 gün içerisinde su alma oranı %15.90'a ulaştığını belirtmişlerdir.

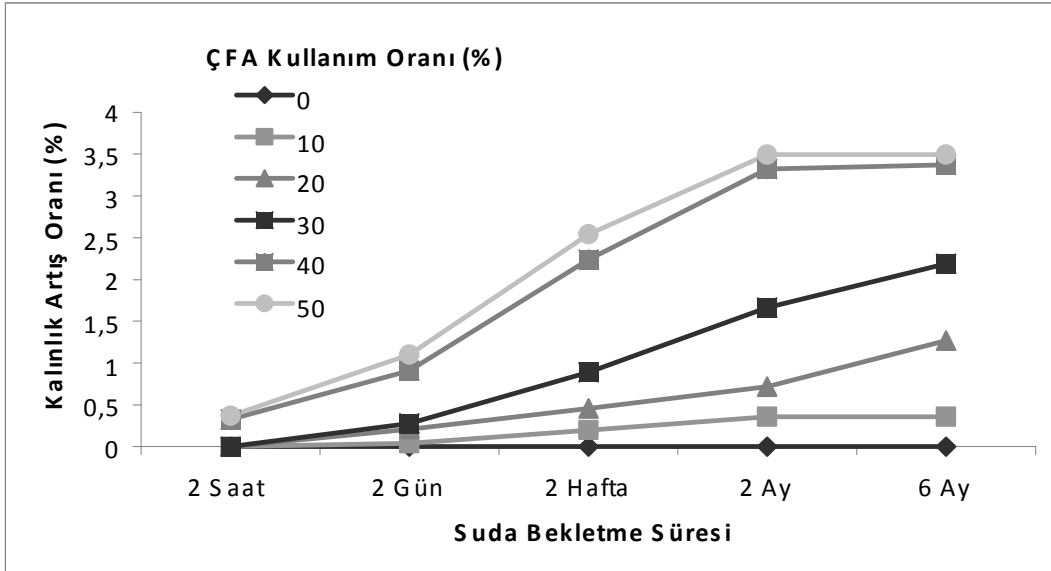
4.1.1.3. Kalınlık Artış Oranı

YYPE ile çay fabrikası atığı dolgulu üretilen termoplastik levhaların kalınlık artış oranları 2 saat için en düşük %0.09, en yüksek %0.48 iken 6 ay için ise en düşük %0.43, en yüksek %3.58 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0, en yüksek %0.37 iken 6 ay için ise en düşük %0.36, en yüksek %3.49 olarak belirlenmiştir. Şekil 35'de çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların 6 ay süresince kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

YYPE ile MDF zımpara tozu dolgulu üretilen termoplastik levhaların kalınlık artış oranları 2 saat için en düşük % 0, en yüksek %0.17 iken 6 ay için ise en düşük %0.25 , en yüksek %3.28 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0, en yüksek %0.12 iken 6 ay için ise en düşük %0.38, en yüksek %3 olarak belirlenmiştir. Şekil 36'da MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhaların 6 ay süresince kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

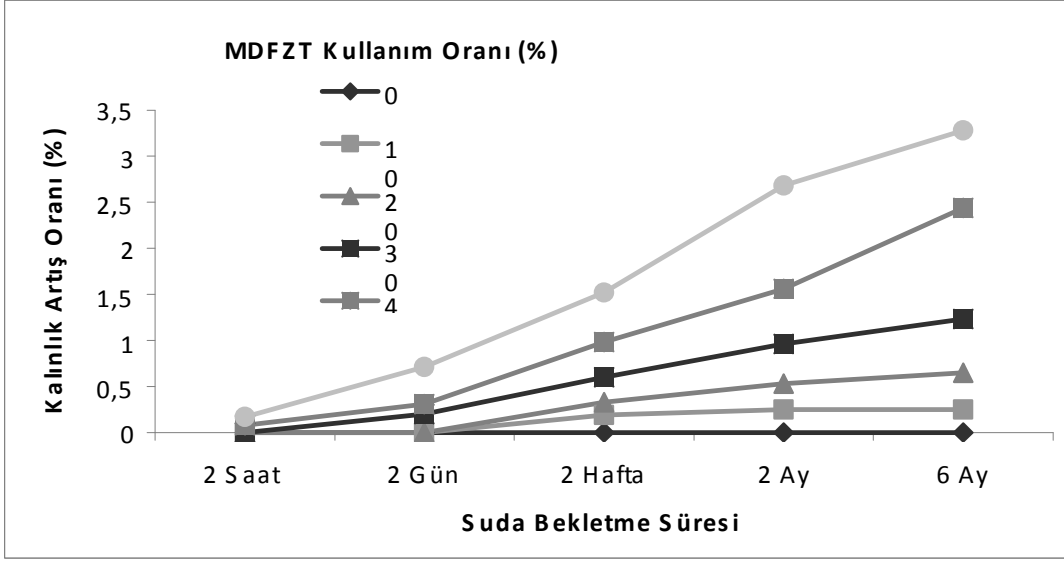


(a)

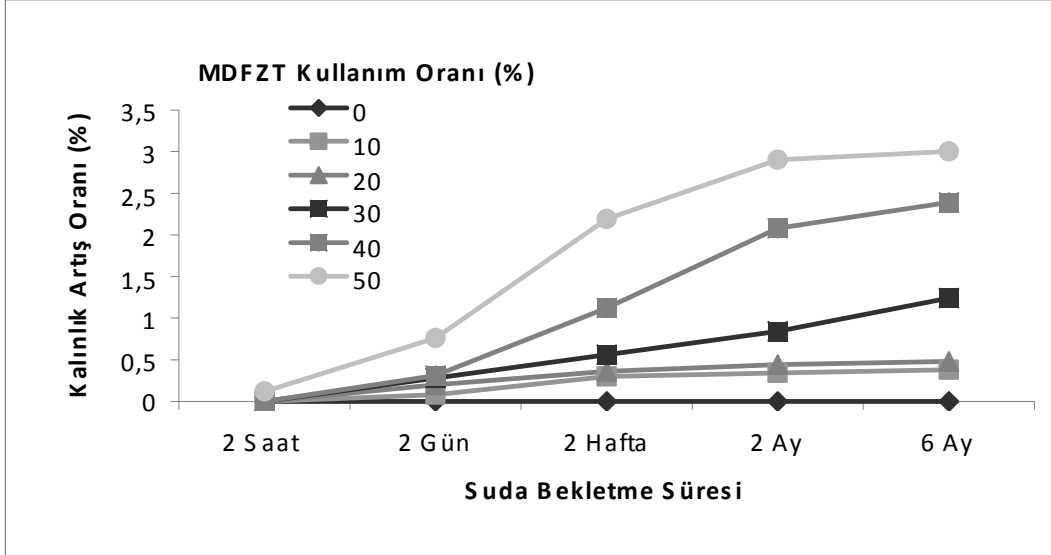


(b)

Şekil 35. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları



(a)



(b)

Şekil 36. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları

Şekil 35 ve Şekil 36'dan da anlaşılacağı üzere suda bekletme süresi arttıkça tüm levha tiplerinde kalınlık artış oranı su alma oranına benzer şekilde artmıştır. Sadece her iki termoplastik polimer tipinin kontrol örnekleri hidrofobik karakterde oldukları için hem YYPE ve hem de PP'de 6 ay süresince kalınlıklarında herhangi bir artış belirlenmemiştir.

Tüm levha gruplarında lignoselülozik ve hidrofil karakterde olan çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu miktarı arttıkça kalınlık artış oranı yükselmiştir. Bu durum, literatür tarafından da desteklenmektedir. Adhikary v.d. (2008) geri dönüşümlü ve saf YYPE ile

marangozhanelerden toplanmış radiata çamından elde edilen testere tozunu %50 oranına kadar karıştırılarak ürettikleri levhaların 2 ve 24 saat suda bekletme süresince su alma ve kalınlık artış oranlarını belirlemişlerdir. En yüksek kalınlık artış oranını %2.5 ile %50 oranında testere tozu ve %50 saf YYPE kullanılarak üretilen levhalardan elde etmişlerdir. Ayrılmış ve Jarusombiti (2011) kauçuk liflerini (*Hevea brasiliensis*) %40-60 oranında PP ile karıştırarak ürettikleri levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirledikleri araştırmalarında 24 saat sürede en yüksek kalınlık artış oranını %6.64 ile %60 kauçuk lifi içeren levhalarda elde etmişlerdir. Shakeri ve Ghasemian (2010) çalışmalarında, eski gazete kâğıtlarını tekrar liflendirip PP ile çeşitli varyasyonlarda levhalar üretmişler ve 75 günlük su alma ve kalınlık artış oranlarını incelemişlerdir. Lif oranı arttıkça, su alma ve kalınlık artış oranının arttığını belirtmişler ve en yüksek değerleri %50 oranında eski gazete liflerinin kullanıldığı levhalarda elde etmişlerdir.

Su alma oranında olduğu gibi, lignoselülozik dolgu maddesi kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin istatistiksel anlamda kalınlık artış oranı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. En kötü sonuçlar %50 oranında lignoselülozik dolgu oranı ile üretilen kompozit levhalardan elde edilmiştir.

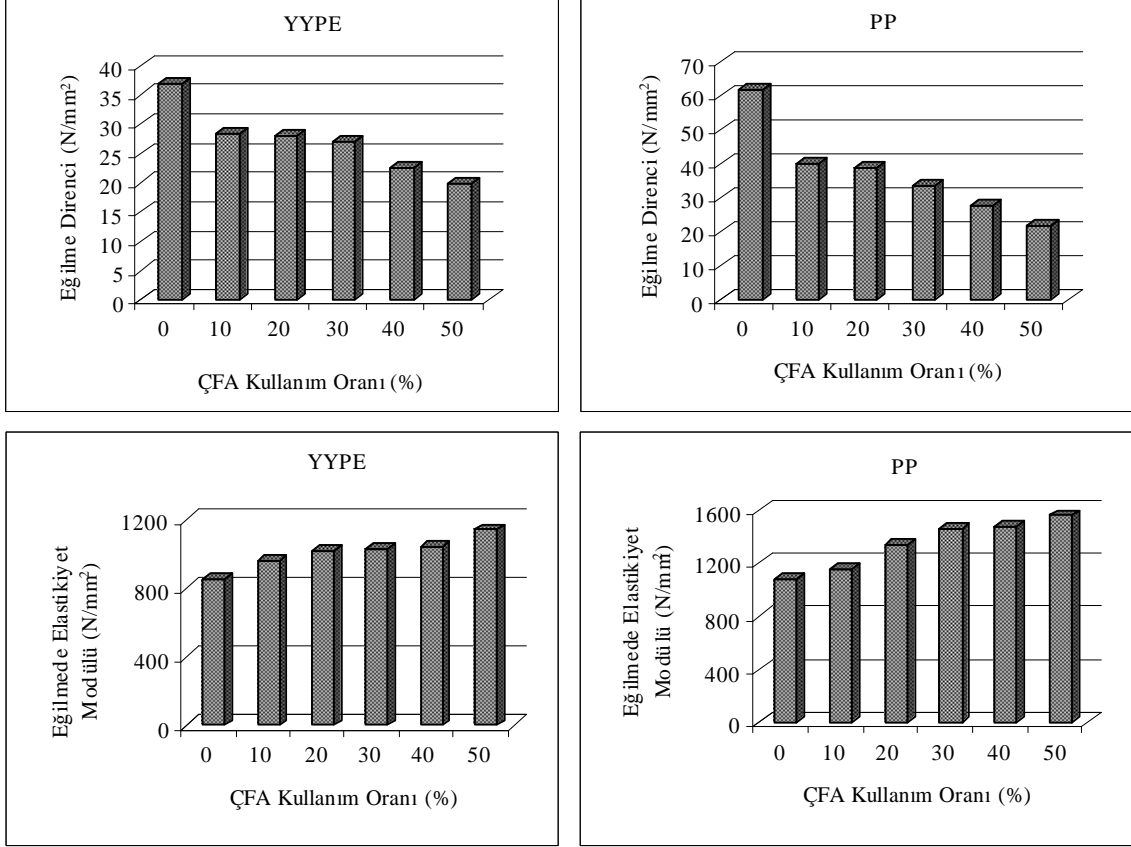
Sonuçlara göre PP esaslı kompozitlerin YYPE esaslı kompozitlere göre su alma oranlarında olduğu gibi daha yüksek kalınlık artış oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum her iki termoplastik polimer arasındaki yoğunluk farkına bağlanabilir. Kylosov (2007)'ye göre yoğunluk ile su alma ve kalınlık artış oranları arasında ters orantı bulunmaktadır. Yüksek yoğunluğa sahip malzemenin su alma ve kalınlık artış oranları düşük yoğunluklu malzemelere oranla daha düşük olacaktır. Bu da daha yüksek yoğunluğa sahip olan YYPE'nin PP'ye göre daha düşük su alma ve kalınlık artış oranlarına sahip olma nedenini açıklayabilir.

4.1.2.1. Mekanik Özellikler

4.1.2.1.1. Eğilme Özellikleri

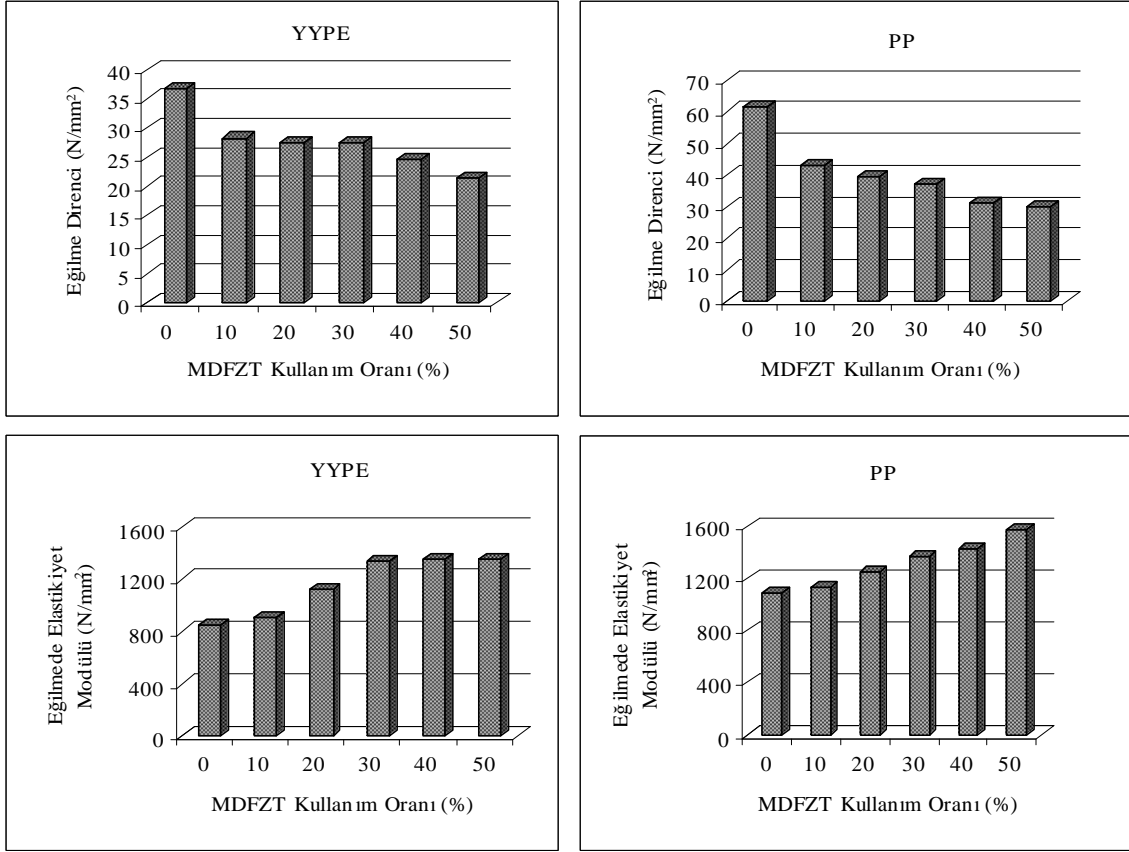
YYPE kullanılarak üretilen çay fabrikası atığı dolgulu üretimlerde eğilme direnci değerleri en düşük 28.30 N/mm², en yüksek 19.73 N/mm², eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 958.98 N/mm², en yüksek 1142.07 N/mm² olarak elde edilmiştir. PP kullanılarak üretilen levhalarda eğilme direnci değerleri en yüksek 40.19 N/mm² ve en

düşük 21.88 N/mm^2 , eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1153.93 N/mm^2 , en yüksek 1564.07 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Şekil 37’de çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 37. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

YYPE kullanılarak üretilen MDF zımpara tozu dolgulu üretimlerde eğilme direnci değerleri en düşük 28.30 N/mm^2 , en yüksek 21.49 N/mm^2 , eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 913.17 N/mm^2 , en yüksek 1349.30 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. PP ile üretimlerde eğilme direnci değerleri en yüksek 43.09 N/mm^2 ve en düşük 29.82 N/mm^2 , eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1134.45 N/mm^2 , en yüksek 1576.38 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Şekil 38’de MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhaların eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 38. MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

Şekil 37 ve Şekil 38'de görüldüğü gibi eğilme direnci değerleri kontrol örnekleri (YYPE: 36.74 N/mm²; PP: 61.49 N/mm²) ile karşılaştırıldığında lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %50 oranında lignoselülozik madde içeren levhalarda elde edilmiştir. Lignoselülozik maddelerin kullanımı arttıkça plastik oranı azalır. Bu durumda ise eğilme direncinde düşüşe neden olabilir (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Chaharmahali v.d., 2010). Hidrofil karakterde olan lignoselülozik madde ve hidrofobik plastik arasındaki zayıf bağlanma, lignoselülozik maddenin polimer matrisi içerisinde homojen olarak dağılmasını da engellemektedir ve bölgesel yığılmalara neden olmaktadır (Drouglas, 2001; Mishra ve Naik, 2005; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Cui v.d., 2010; Kord, 2011b). Bölgesel yığılmalar ise eğilme özelliklerinin homojen bir yapı göstermesini engellemektedir.

İstatistiksel olarak termoplastik polimer tipinin eğilme direnci üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. PP ile üretilen levhalar YYPE ile üretilen levhalara göre daha yüksek eğilme direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun muhtemel nedeni iki termoplastik polimerin

farklı direnç özelliklerine sahip olmaları olabilir. Genelde PP, YYPE'ye göre yüksek direnç özelliklerine sahiptir (Najafi v.d. 2006; Kuo v.d., 2009).

Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde, eğilme direncinin tersine plastik matrisi içerisinde lignoselülozik madde oranı arttıkça yükselme gözlenmiştir (Şekil 37 ve Şekil 38). Bu durum karışım kuralı ile açıklanabilir. Karışım kuralına göre; farklı özellikte hammaddelerden oluşan kompozit malzeme özellikleri kendini oluşturan hammaddelerin özelliklerinin ağırlıklı ortalamasıdır (Askeland v.d., 2010). Lignoselülozik maddeler, termoplastiklere oranla daha yüksek elastikiyet modülüne sahiptir (Bouafif, 2009; Chaharmahali v.d., 2010). Örneğin sarıçam odunun eğilmede elastikiyet modülü 8270 - 11350 N/mm² (URL-11, 2011) iken YYPE (854.11 N/mm²) ve PP' nin (1088.58 N/mm²) olan eğilmede elastikiyet modülü değerleri oldukça düşüktür.

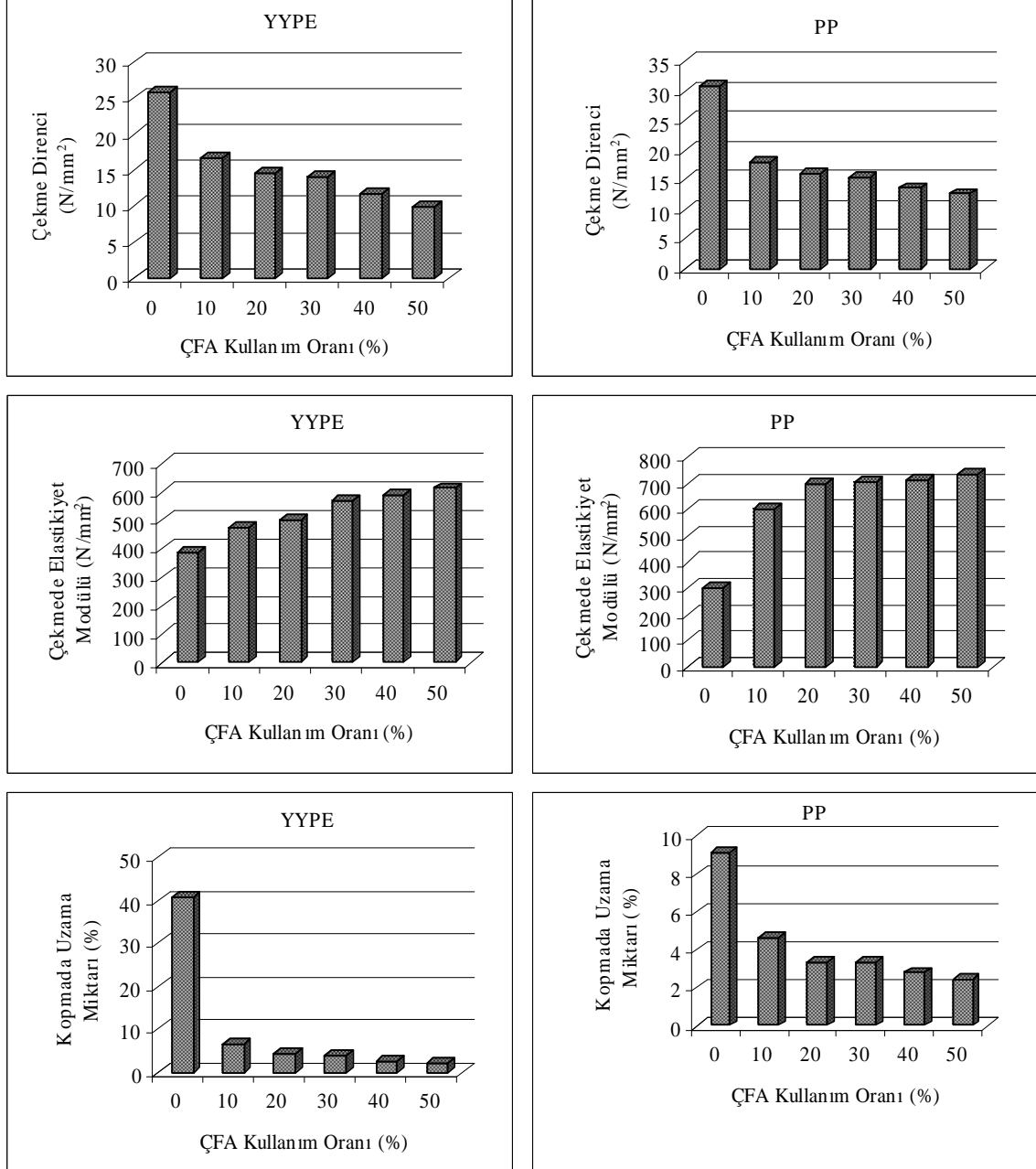
Elastikiyet modülü, test sırasında levhada oluşan deformasyon hızına bağlıdır. Deformasyon hızı artması elastikiyet modülünün artmasına yol açar. Bu ise polimer zincirindeki gevşeme süresinin azalması ile ilişkilidir (Ward ve Hardley 1993; Zabihzadeh, 2010). Brandt ve Fridley (2003)'e göre lignoselülozik dolgu oranı arttıkça levhanın viskoz akış etkisi (akıcılığı) azalır ve buna bağlantılı olarak elastikiyet modülü artar.

Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların benzer eğilme özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar biraz daha yüksek değerlere sahiptir. MDF zımpara tozunun çok daha küçük boyuta sahip olması nedeniyle termoplastik polimer matrisi içerisine daha iyi dağılmasından kaynaklanmış olabilir. Stark ve Berger (1997) farklı boyutlarda odun unu dolgulu polipropilen ile üretilen levhaların kalite özelliklerini belirlemişler ve odun ununun boyutu küçüldükçe eğilme özelliklerinde iyileşme olduğu belirtilmişlerdir.

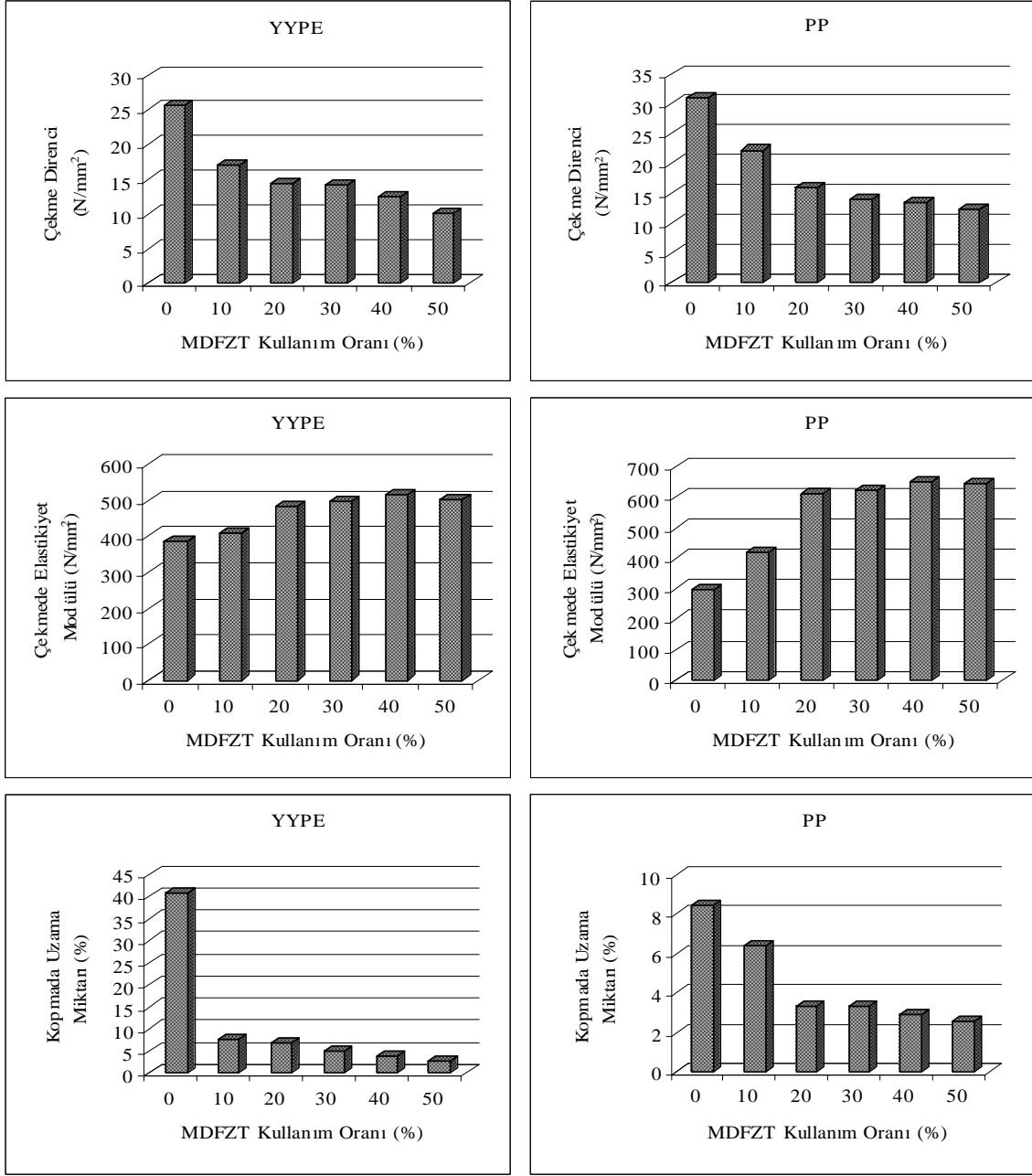
4.1.2.1.2. Çekme Özellikleri

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik polimerler ile yapılan üretimlerde çekme direnci değerleri en düşük 10.14 N/mm², en yüksek 17.02 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 12.26 N/mm², en yüksek 22.24 N/mm² olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük 408.02 N/mm², en yüksek 513.35 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 419.50 N/mm² ve en yüksek 651.20 N/mm² olarak elde edilmiştir. Kopmada uzama miktarı ise YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük %2.82, en yüksek % 7.78, PP

kullanılarak üretilen levhalarda kopmada uzama miktarı en düşük %2.58, en yüksek % 6.39 olarak elde edilmiştir. Şekil 39'da çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 39. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların çekme özellikleri



Şekil 40. MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların çekme özellikleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik polimerler ile yapılan üretimlerde, çekme direnci değerleri en düşük 9.94 N/mm^2 , en yüksek 16.59 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 12.67 N/mm^2 , en yüksek 18.10 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük 473.14 N/mm^2 , en yüksek 613.39 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 600.87 N/mm^2 , en yüksek 732.71 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Kopmada uzama miktarı ise YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük %2.10, en yüksek % 6.75, PP

kullanılarak üretilen levhalarda kopmada uzama miktarı en düşük %2.44, en yüksek % 4.67 olarak elde edilmiştir. Şekil 40'da MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhaların çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Şekil 39 ve Şekil 40'da görüldüğü gibi çekme direnci değerleri kontrol örnekleri (YYPE: 25.68 N/mm²; PP: 61.49 N/mm²) ile karşılaştırıldığında lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %50 oranında lignoselülozik madde içeren levhalardan elde edilmiştir. Lignoselülozik maddelerin kullanımı arttıkça plastik oranı azalır. Bu durum ise eğilme direncinde olduğu gibi çekme direncinde de düşüşe neden olabilir (Chaharmahali v.d., 2010). Literatürde çekme direncindeki düşüşün ana nedeninin kullanılan termoplastik matrisi ile lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan adhezyon problemleri olduğu belirtilmiştir (Drouglas, 2001; Mishra ve Naik, 2005; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Cui v.d., 2010; Kord, 2011b). Bunun yanı sıra lignoselülozik materyallerin çekme dirençleri (çoğunlukla 4 ile 12 N/mm² aralığında), saf YYPE ve PP'nin çekme dirençlerinden daha düşük olduğu için termoplastik polimer matrisi içerisindeki plastik oranının azalmasına bağlı olarak düşmektedir (Rowell v.d., 1997).

Lignoselülozik dolguların elastikiyet modülü değerleri plastik malzemelerden daha yüksektir. Bu nedenle çekmede elastikiyet modülü lignoselülozik dolgu oranı arttıkça eğilmede elastikiyet modülünde olduğu gibi artış göstermiştir (Şekil 39 ve Şekil 40). Bu durum literatürde karışım kuralı ile izah edilmektedir (Ward ve Hardley 1993; Matuana ve Balatinecz, 1998; Bouafif, 2009; Zabihzadeh, 2010; Chaharmahali v.d., 2010). Rowel v.d. (1997) lignoselülozik tarımsal atıklar ve odun ununun polipropilen içerisine dolgu maddesi olarak kullanımının levha özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada çekmede elastikiyet modülü değerlerinde lignoselülozik dolgu oranı arttıkça artış gözlemlendiği belirtmişlerdir.

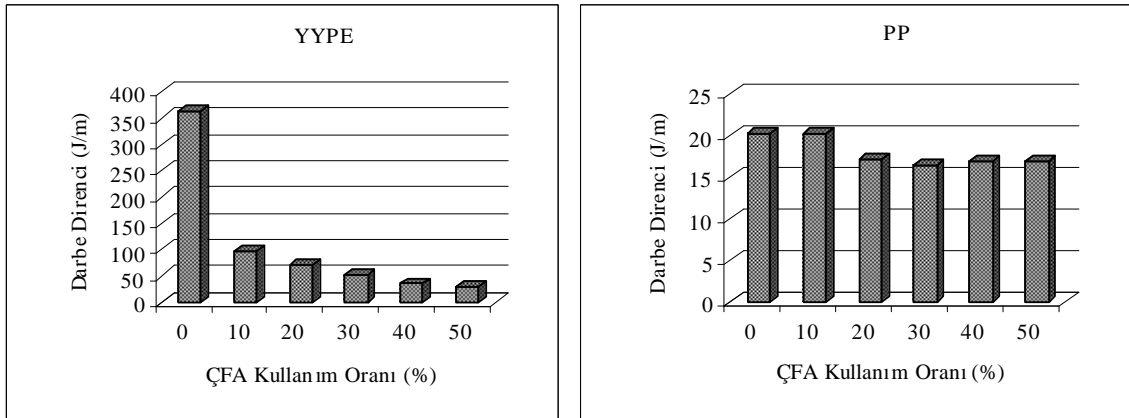
Kopmada uzama miktarı, plastik matrisi içerisinde lignoselülozik madde kullanım oranı arttıkça tüm levha tiplerinde azalma göstermiştir (Şekil 39 ve Şekil 40). Ismail ve Jaffri (1999)'da yaptıkları çalışmalarında, palmye odun ununu termoplastik polimer matrisi içerisinde çeşitli oranlarda kullanarak levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda palmye odun unu dolgu oranı arttıkça levhanın elastikiyet modülü değerleri artış gösterirken kopmada uzama miktarlarında azalma meydana gelmiştir. Literatürde lignoselülozik dolgu oranı artışının levhayı daha sert ve gevrek hale getirmesinden dolayı kopmada uzama miktarında azalma meydana geldiği

rapor edilmektedir (Raj v.d., 1989; Yam v.d., 1990; Clemons, 2002; Sain ve Panthapulakkal, 2006).

Termoplastik polimer tipinin çekme özellikleri üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. PP ile üretilen levhalar YYPE ile üretilen levhalara göre daha yüksek çekme özelliklerine sahip olduğu bulunmuştur. Eğilme özelliklerinde olduğu gibi bu durum PP'nin YYPE'ye göre daha yüksek çekme özelliklerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Najafi v.d., 2006; Kuo v.d., 2009).

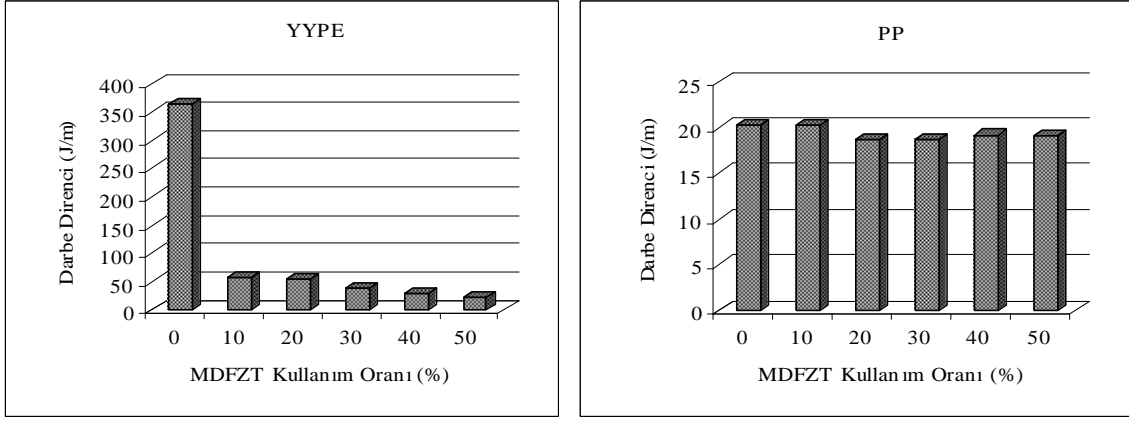
4.1.2.1.3. Darbe Direnci

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı dolgulu termoplastik polimerler ile yapılan üretimlerde çekme direnci değerleri en düşük 31.00 J/m, en yüksek 97.44 J/m, PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 16.87 J/m, en yüksek 20.13 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 41'de Çay fabrikası atığı kullanım oranlarının, levhaların darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 41. Çay fabrikası atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu dolgulu termoplastik polimerler ile yapılan üretimlerde çekme direnci değerleri en düşük 23.91 J/m, en yüksek 58.62 J/m, PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 18.60 J/m, en yüksek 20.23 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 42'de MDF zımpara tozu kullanım oranlarının, levhaların darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



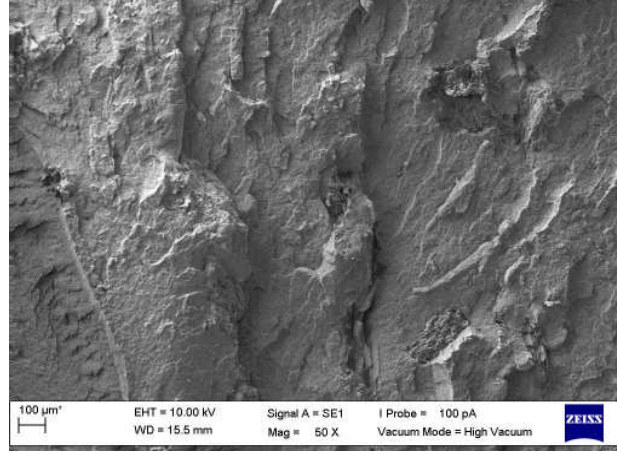
Şekil 42. MDF zımpara atığı, YYPE ve PP ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

Şekil 41 ve Şekil 42’de görüldüğü gibi darbe direnci değerleri kontrol örnekleri (YYPE: 362.98 J/m PP: 20.24 j/m) ile karşılaştırıldığında lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. Lignoselülozik maddenin termoplastik matrisi içerisinde dolgu oranı arttıkça levhayı daha sert ve gevrek hale getirir (Clemons, 2002; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008; Cui v.d., 2010). Termoplastik oranı azaldıkça süneklik azalmakta ve malzeme darbe direnci azalmaktadır. Morreale v.d. (2008) odun ununu %15’den %65’e kadar farklı kademelerde ticari bir polimer içerisinde dolgu olarak kullandıkları çalışmalarında, odun unu miktarı arttıkça levhanın sertliği arttığından darbe direncinin azaldığını rapor etmişlerdir.

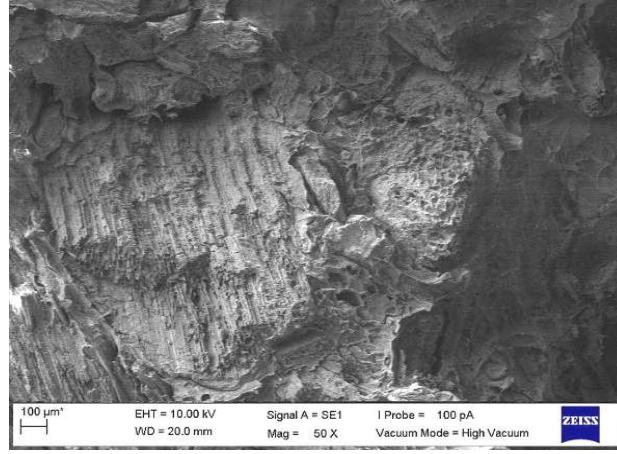
Termoplastik polimer tipinin darbe direnci özellikleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. YYPE ile üretilen levhaların PP ile üretilen levhalara göre daha yüksek darbe direncine sahip olduğu bulunmuştur. Bu durum saf YYPE’nin (362.98 J/m) saf PP’ye (20.24 j/m) göre daha yüksek darbe direncine sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir (Şekil 41 ve Şekil 42).

4.1.3. Morfolojik Özellikler (SEM)

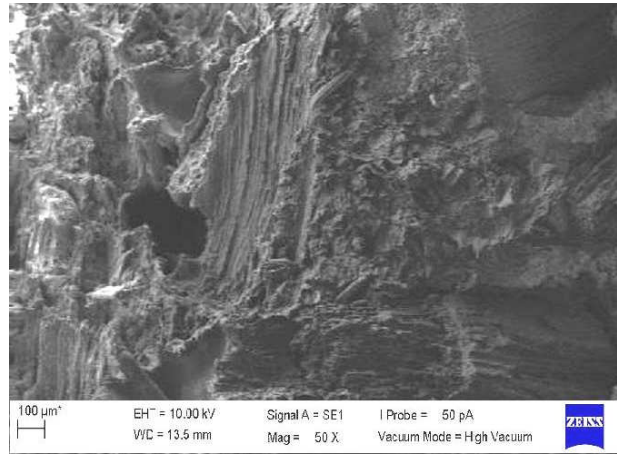
Çay fabrikası atıkları ve termoplastik polimerler kullanılarak üretilen levhalara ait SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri Şekil 43 ve Şekil 44’te verilmiştir. MDF zımpara tozu ve termoplastik polimerler kullanılarak üretilen levhalara ait SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri ise Şekil 45 ve Şekil 46’da verilmiştir.



(a) Ç1 levha tipi (%10 ÇFA / %90 YYPE)

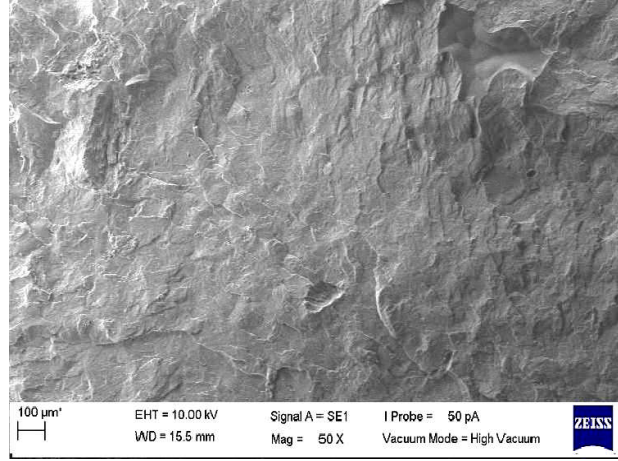


(b) Ç3 levha tipi (%30 ÇFA / %70 YYPE)

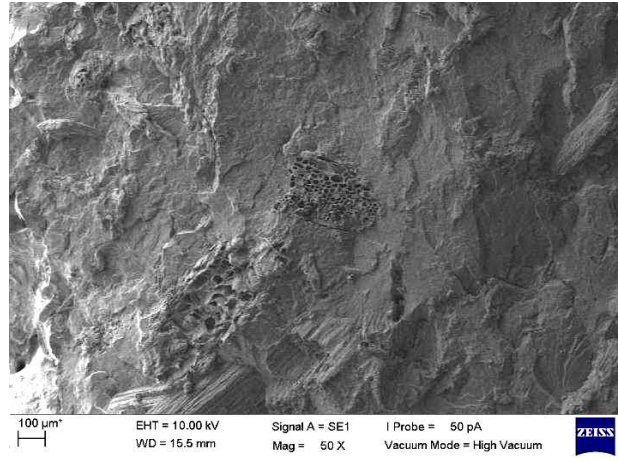


(c) Ç5 levha tipi (%50 ÇFA / %50 YYPE)

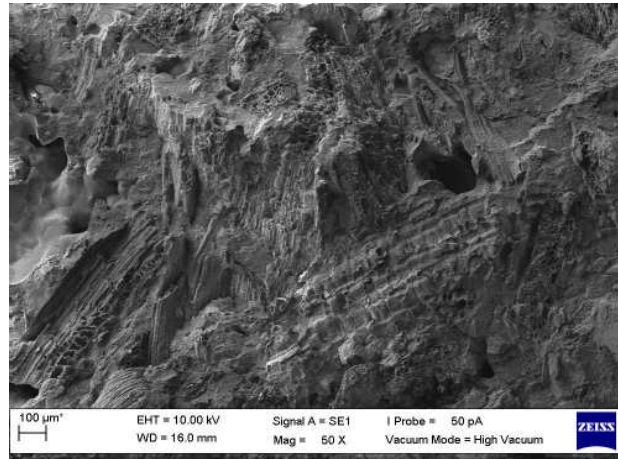
Şekil 43. Farklı oranlarda çay fabrikası atığı ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri



(a) Ç6 levha tipi (%10 ÇFA / %90 PP)

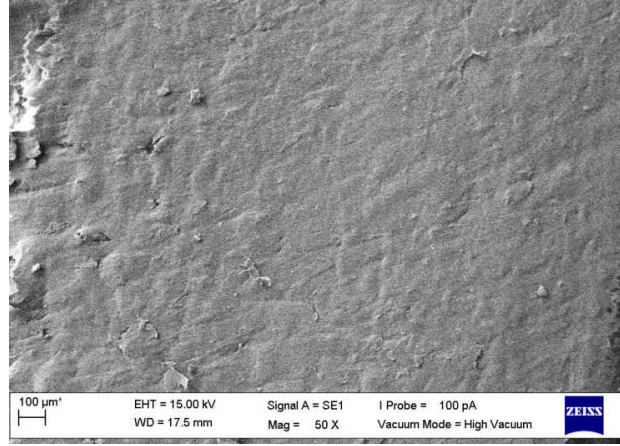


(b) Ç8 levha tipi (%30 ÇFA / %70 PP)

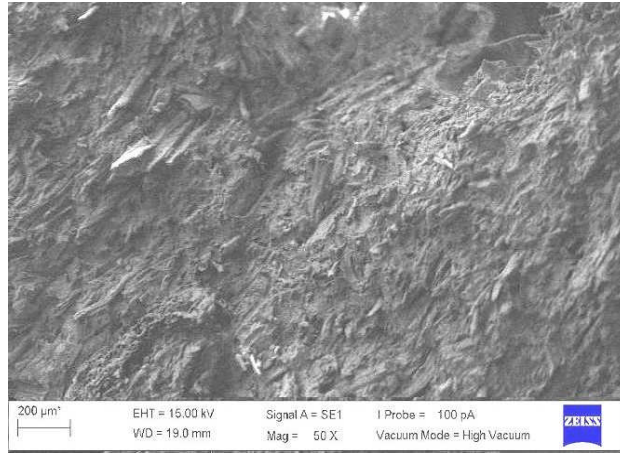


(c) Ç10 levha tipi (%50 ÇFA / %50 PP)

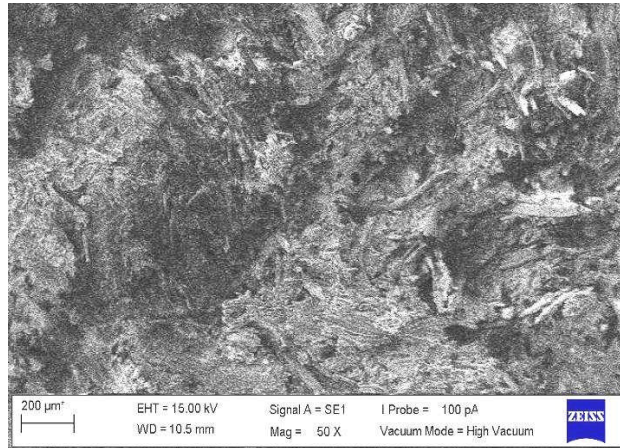
Şekil 44. Farklı oranlarda çay fabrikası atığı ve polipropilen (PP) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri



(a) L1 levha tipi (%10 MDFZT / %90 YYPE)

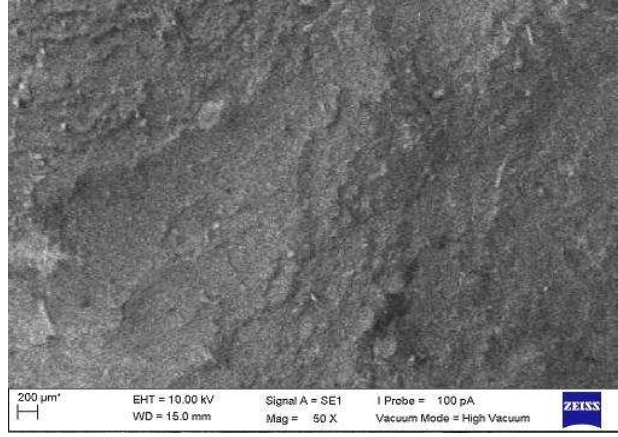


(b) L3 levha tipi (%30 MDFZT / %70 YYPE)

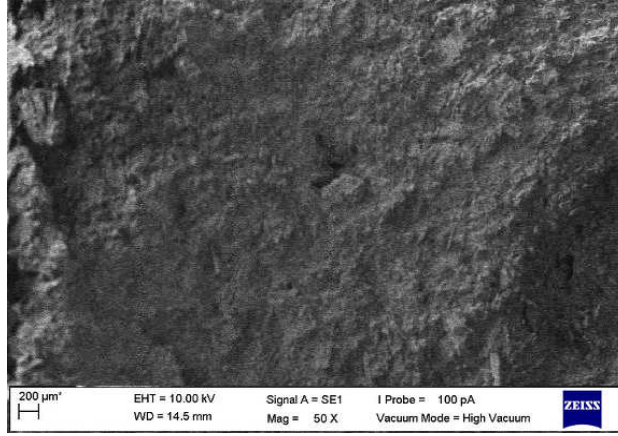


(c) L5 levha tipi (%50 MDFZT / %50 YYPE)

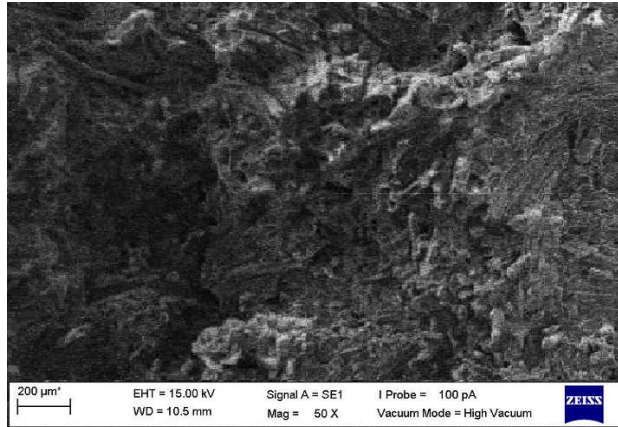
Şekil 45. Farklı oranlarda MDF zımpara tozu (MDFZT) ve yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri



(a) L6 levha tipi (%10 MDFZT / %90 PP)



(b) L8 levha tipi (%30 MDFZT / %70 PP)



(c) L10 levha tipi (%50 MDFZT / %50 PP)

Şekil 46. Farklı oranlarda MDF zımpara tozu (MDFZT) ve polipropilen (PP) ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri

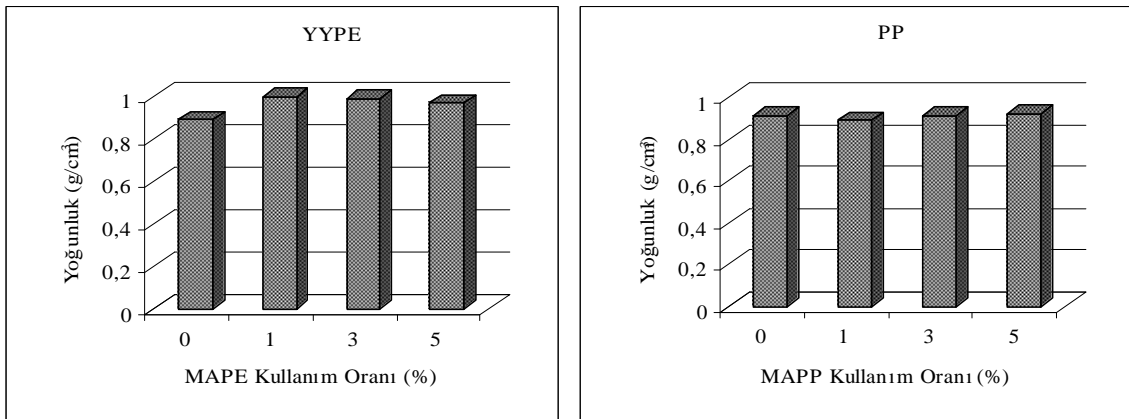
50 X büyütme SEM görüntüleri incelendiğinde; lignoselülozik dolgu oranı arttıkça termoplastik polimerde deformasyonun arttığı görülmektedir. %10 dolgu oranlarında çok az sayıda lignoselülozik materyalin varlığı ve termoplastikte polimerde deformasyonun başladığı görülmektedir. %30 dolgu oranında lignoselülozik maddenin termoplastik matrisi içerisinde iyi bir dağılım göstermediği ve kopma sırasında oluşan izler görülmektedir. %50 dolgu oranında ise daha fazla lignoselülozik parçacıklar termoplastik matrisinden daha fazla görülmektedir. Lignoselülozik materyal ile termoplastik materyal arasındaki uyumsuzluktan dolayı boşluk oluşumunun arttığı görülmektedir.

4.2. Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

4.2.1. Fiziksel Özellikler

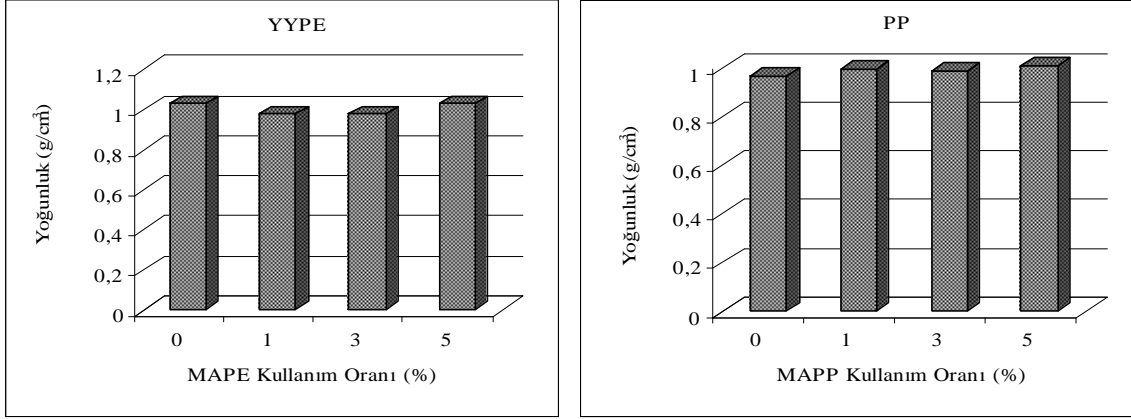
4.2.1.1. Yoğunluk

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı ve birleştirici (coupling agent) ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri; en düşük 0.97 g/cm^3 , en yüksek 1.01 g/cm^3 , PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 0.89 g/cm^3 , en yüksek 0.92 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Şekil 47'de birleştirici kullanım oranının çay atıkları kullanılarak üretilen, levhaların yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 47. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri; en düşük 0.98 g/cm^3 , en yüksek 1.03 g/cm^3 , PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 0.99 g/cm^3 , en yüksek 1.01 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Şekil 48'de birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu üretilen levhaların yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 48. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

Elde edilen yoğunluk değerleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Ancak, birleştirici kullanım oranı arttıkça yoğunluk değeri üzerinde az da olsa artış gözlenmiştir ve istatistiksel olarak her iki lignoselülozik dolgu maddesi için birleştirici kullanım oranının levhanın yoğunluk değerleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Fulmer ve Vanderkooi (1999) çalışmalarında katkı maddelerinin odun plastik kompoziti üretiminde ve levhaların fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında birleştirici kullanımının plastik ile odunsu materyal arasındaki zayıf olan bağlanmayı güçlendirdiğini belirtmişler. Bu sayede levha içerisindeki boşluk oranının azalması ile yoğunluğun bir miktar artmasına neden olabileceği kanısındadırlar (Fulmer ve Vanderkooi, 1999).

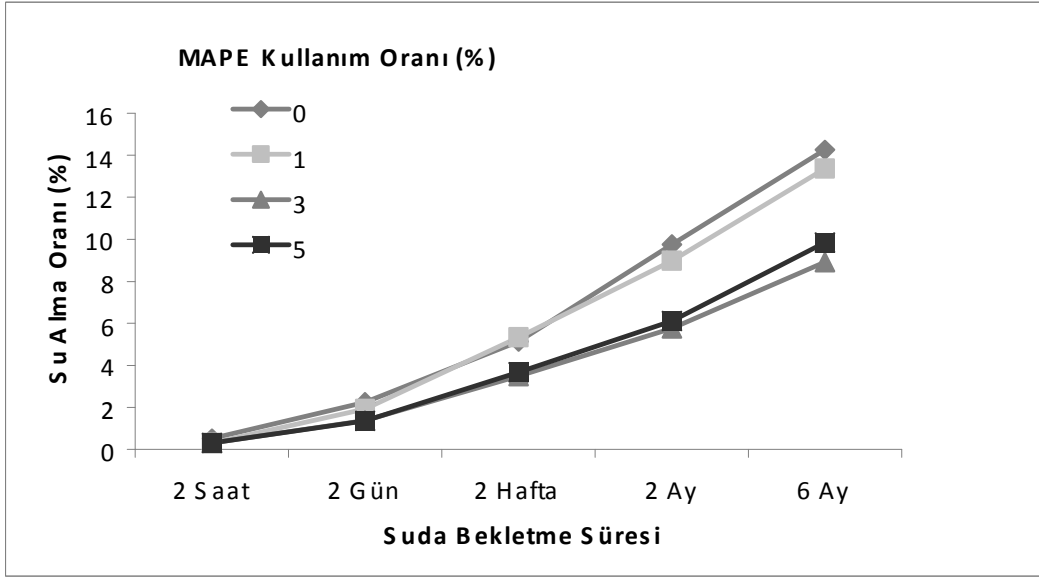
Termoplastik polimer tipinin yoğunluk değerleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda anlamlı çıkarken, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Yoğunluk farklılıkları YYPE'ye göre PP'de daha az görülmüştür. Yapılan bir çalışmada birleştiricinin (MAPP) enjeksiyon yöntemi ile üretilen cam elyafı dolgulu polipropilen kompozitler üzerine etkilerini

araştırılmış ve birleştiricinin cam elyafı dolgulu polipropilen kompozitlerinin yoğunlukları üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Gupta v.d., 2003).

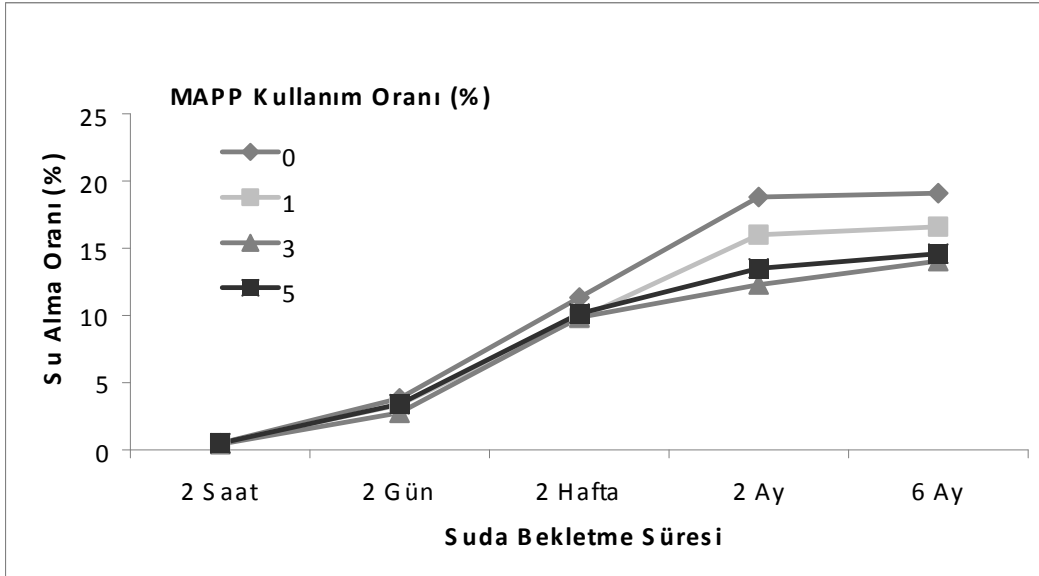
4.2.1.2. Su Alma Oranı

YYPE kullanılarak çay fabrikası atıkları ve birleştirici ile üretilen levhaların, su alma oranları 2 saat için en düşük %0.3, en yüksek %0.31 iken 6 ay için ise en düşük %8.92, en yüksek %13.36 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.43, en yüksek %0.51 iken 6 ay için ise en düşük %11.97, en yüksek %16.60 olarak belirlenmiştir. Şekil 49'da birleştirici kullanım oranının çay atıkları kullanılarak üretilen levhaların su alma oranına etkileri gösterilmiştir.

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile üretilen levhaların, su alma oranları 2 saat için en düşük %0.14, en yüksek %0.21 iken 6 ay için ise en düşük %3.97, en yüksek %5.86 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.15, en yüksek %0.22 iken 6 ay için ise en düşük %7.90, en yüksek %8.83 olarak belirlenmiştir. Şekil 50'de birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

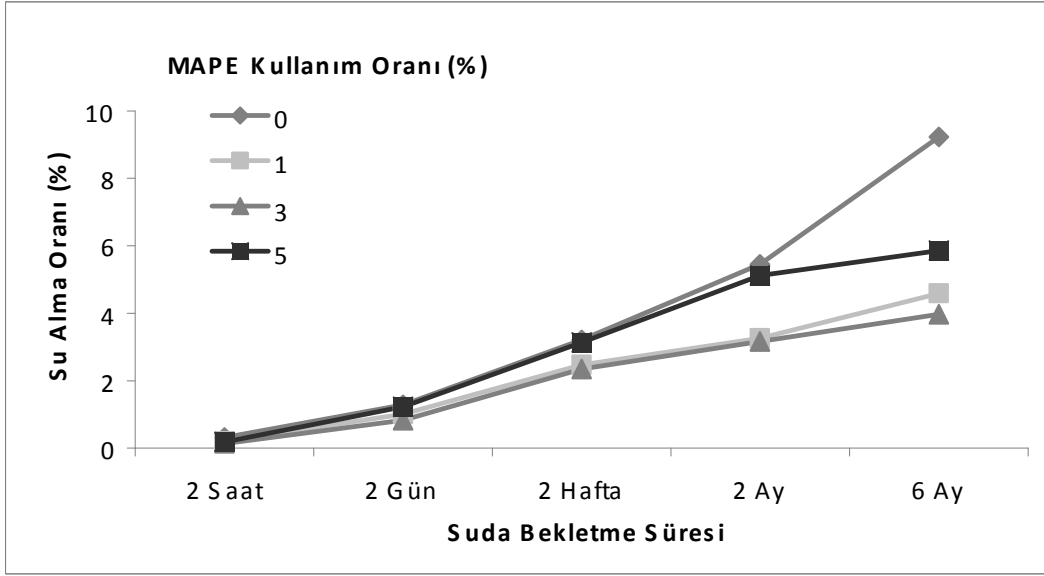


(a)

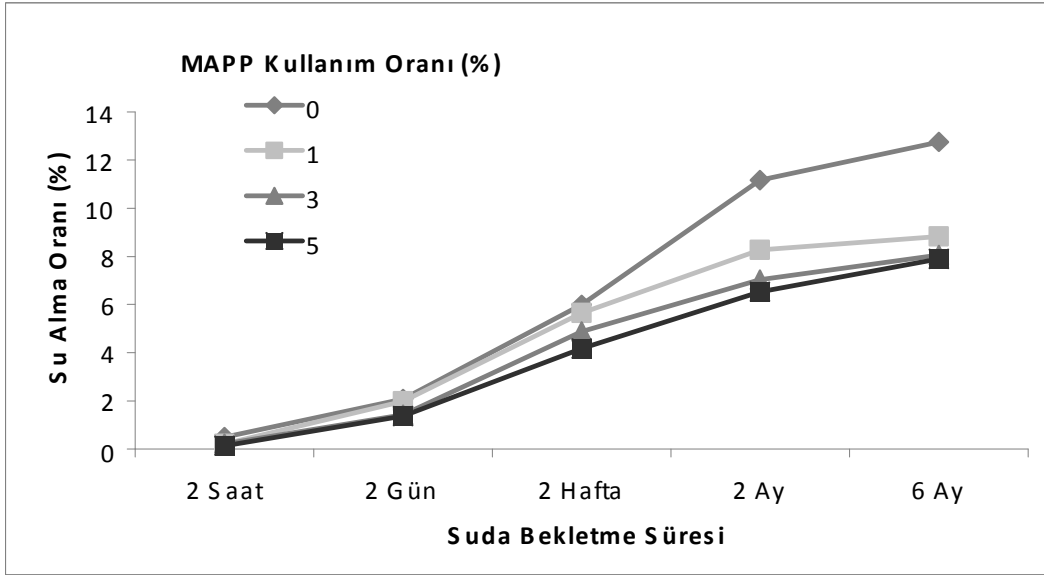


(b)

Şekil 49. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların su alma oranları



(a)



(b)

Şekil 50. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların su alma oranları

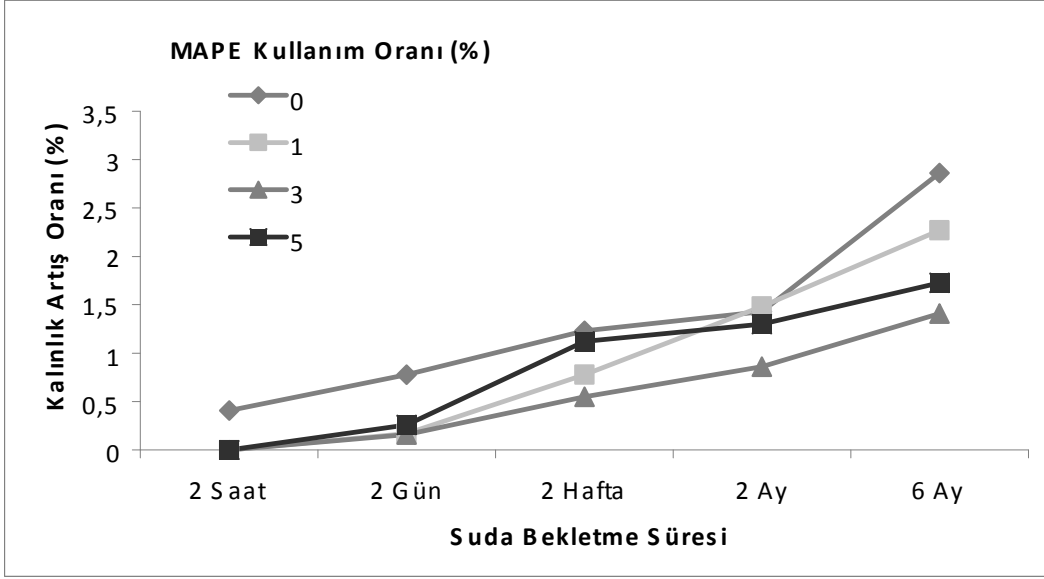
Şekil 49 ve Şekil 50'de tüm levha tiplerinde suda bekletme süresi arttıkça levhaların su alma oranlarında artış gözlenmektedir. Kontrol örnekleri ile kıyaslandığında birleştirici kullanımının suda bekletme süresine bağlı olarak, tüm levha tiplerinin su alma oranlarının azaldığı görülmektedir. Matuana v.d. (2001b), Shakeri ve Ghasemian (2010) yapılan çalışmalarda birleştirici kullanımının termoplastik levhaların su alma ve kalınlık artış değerlerinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun muhtemel nedeni MAPE ve MAPP içerisinde bulunan maleik anhidrit ile liginoselülozik maddelerin bünyesinde

bulunan serbest OH gruplarının reaksiyona girerek ester bağları oluşturması ve böylelikle serbest OH gruplarının miktarları azalması ile açıklamışlardır. Bu değişikliklere bağlı olarak da su alma oranındaki artış kontrol örneklerine göre daha az olmaktadır. Su alma oranındaki bu olumlu etkinin olası bir başka nedeni; birleştirici kullanımının kompozitin kristallliğini arttırması olabilir. Bazı kaynaklarda birleştirici kullanılarak üretilen kompozitlerin kristallik derecesinin birleştirici kullanılmadan üretilenlere göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Kristalen bölgelerde azalan geçirgenliğe (permeabilite) bağlı olarak su alma oranı birleştirici kullanılan kompozitlerde daha düşük olacaktır (Ichazo v.d., 2001; Shakeri ve Ghasemian, 2010). Yapılan birçok çalışmada da birleştirici kullanımının levhaların su alma ve kalınlık artış oranlarını azalttığı rapor edilmiştir (Panthapulakkal v.d., 2005; Yang v.d.,2005b;Rozman v.d., 2010; Hamzeh v.d., 2011). Örneğin; Yeh ve Gupta (2007) çalışmalarında %50 odun unu ve PP ile üretilen levhalara %2 ve %4 oranında MAPP eklenerek ikiz vidalı ekstruderde farklı vida hızları ile üretimler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda MAPP kullanımının ve vida hızının su alma oranını azalttığı belirtilmiştir.

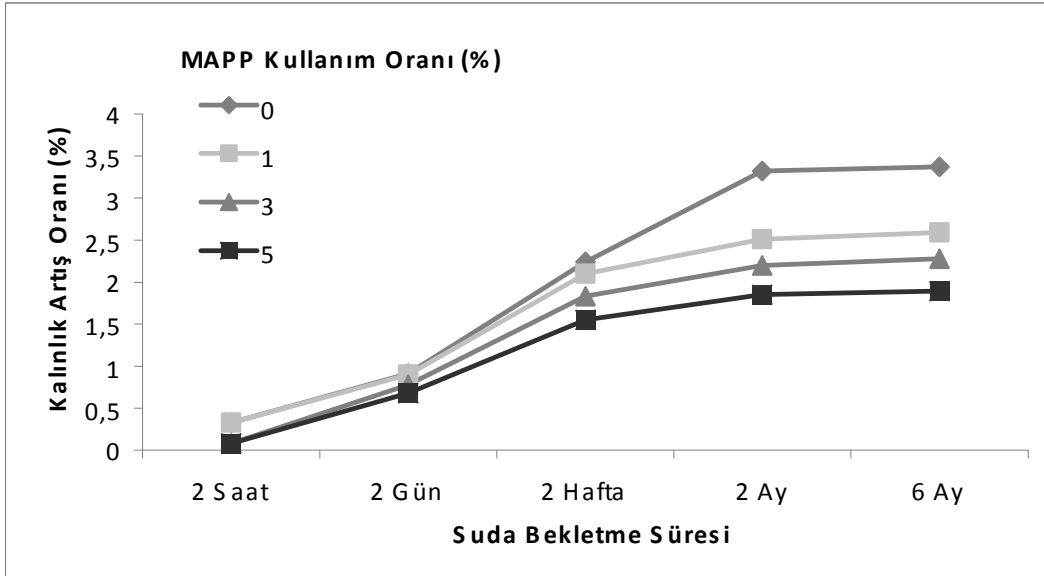
Her iki lignoselülozik dolgu maddesi için istatistiksel olarak birleştirici kullanım oranı ve termoplastik polimer tipinin levhanın su alma oranı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. PP ile üretilen levhaların YYPE ile üretilen levhalara göre daha yüksek su alma oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun birinci bölümde de bahsedildiği gibi iki polimer arasındaki yoğunluk farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.1.3. Kalınlık Artış Oranı

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı ve birleştirici ile üretilen levhaların, kalınlık artış oranları 2 saat için %0 iken 6 ay için ise en düşük %1.41, en yüksek %2.27 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.08, en yüksek %0.33 iken 6 ay için ise en düşük %1.89, en yüksek %2.59 olarak belirlenmiştir. Şekil 51’de birleştirici kullanım oranının çay atığı kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



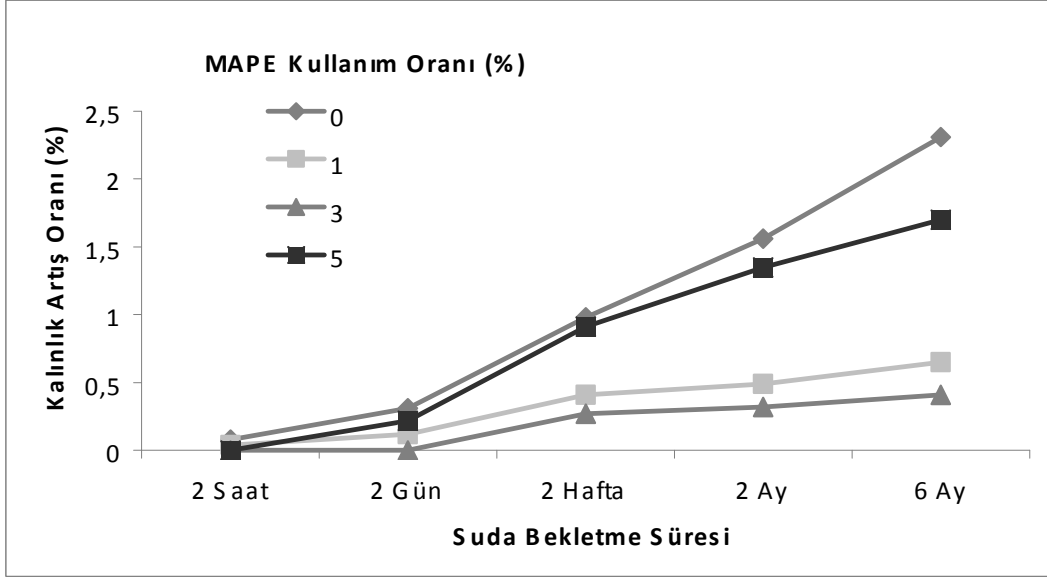
(a)



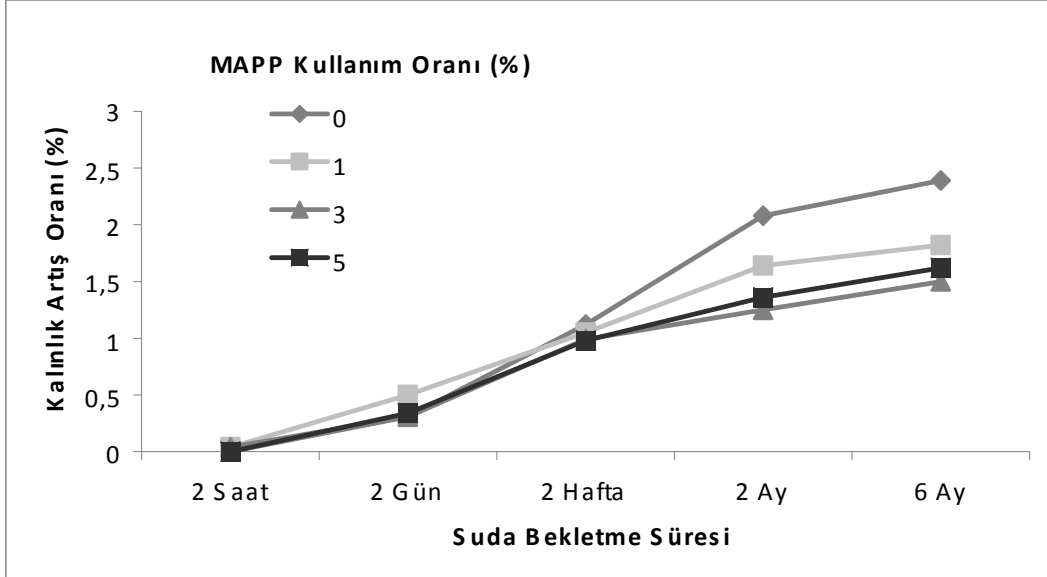
(b)

Şekil 51. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların kalınlık artış oranı

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile üretilen levhaların, kalınlık artış oranları 2 saat için en düşük %0, en yüksek %0.04 iken 6 ay için ise en düşük %0.41, en yüksek %1.70 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0, en yüksek %0.04 iken 6 ay için ise en düşük %1.50, en yüksek %1.82 olarak belirlenmiştir. Şekil 52'de birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 52. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimerleri ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların kalınlık artış oranı

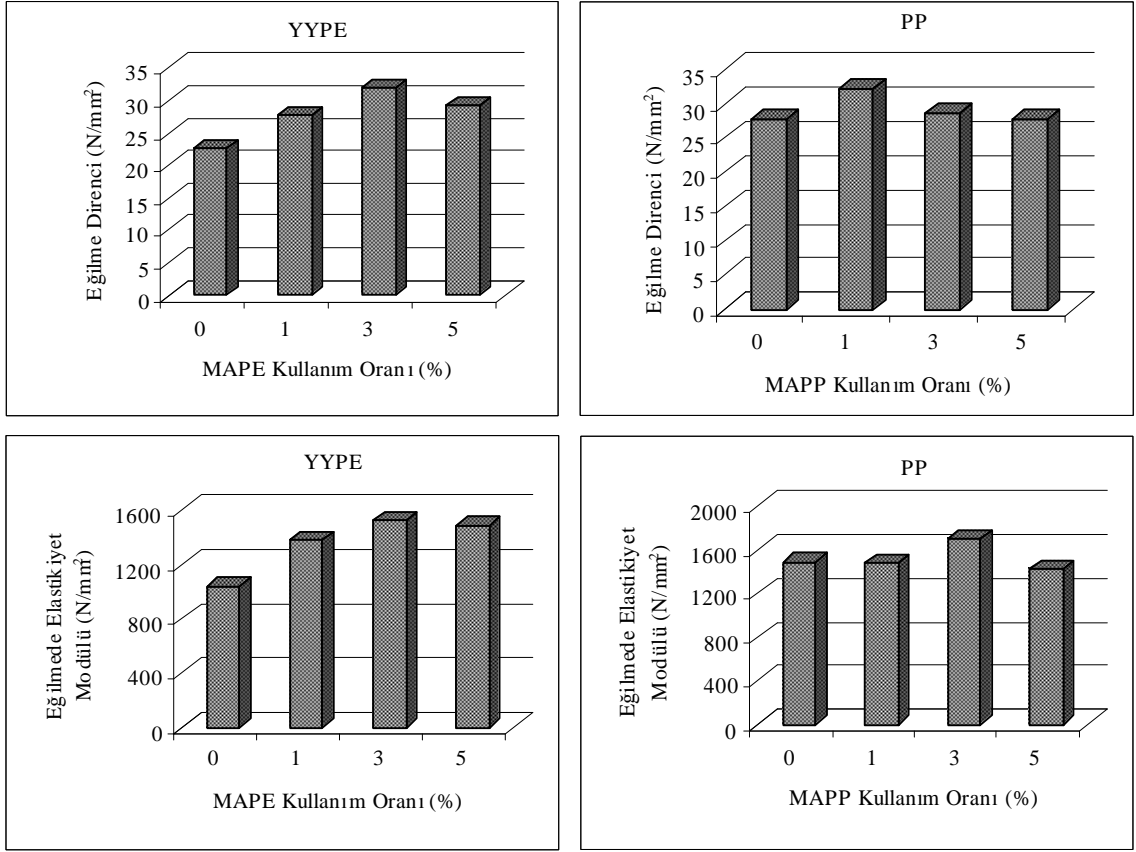
Şekil 51 ve Şekil 52’de su alma oranında olduğu gibi suda bekletme süresi arttıkça levhaların kalınlık artış oranlarında artış gözlenmiştir. Suda bekletme süresince birleştirici kullanılarak üretilmiş levhaların kalınlık artış oranının birleştirici kullanılmadan üretilmiş levhalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Kalınlık artış oranı, birleştirici kullanımı arttıkça azalmıştır. Birleştiricide ki karbonil gruplar ile lignoselülozik maddelerdeki OH grupları esterleşmesi sayesinde YYPE ve PP ile lignoselülozik madde arasındaki bağlanma iyileşmekte ve buna bağlı olarak kalınlık artış oranı azalmaktadır (Panthapulakkal v.d.,

2005; Yang v.d.,2005; Rozman v.d., 2010; Shakeri ve Ghasemian, 2010; Hamzeh v.d., 2011). MDF zımpara tozu ve YYPE ile üretilen levhalarda en iyi sonuç %3 MAPE kullanılarak üretilen örneklerden elde edilmiştir. Bu durum literatürle de desteklenmektedir. San v.d. (2008) yaptıkları çalışmada %60, %65 ve %70 oranında odun unu ve PP ile %1, %2, %3 ve %4 oranında MAPP kullanılarak üretilen levhaların su alma ve kalınlık artış oranları incelemiştir. 2 ve 24 saat'lik suda bekletme süresince %3'e kadar MAPP kullanımında levhanın su alma ve kalınlık artış oranlarında azalma gözlenirken %4'te ise tekrardan yükselme gözlenmiştir. Bu durumun yüksek oranlardaki MAPP kullanımının birleştirici reaksiyonu engellemesi ile ilişkili olduğunu söylemek mümkündür (Maldas ve Kokta, 1991).

4.2.2.1. Mekanik Özellikler

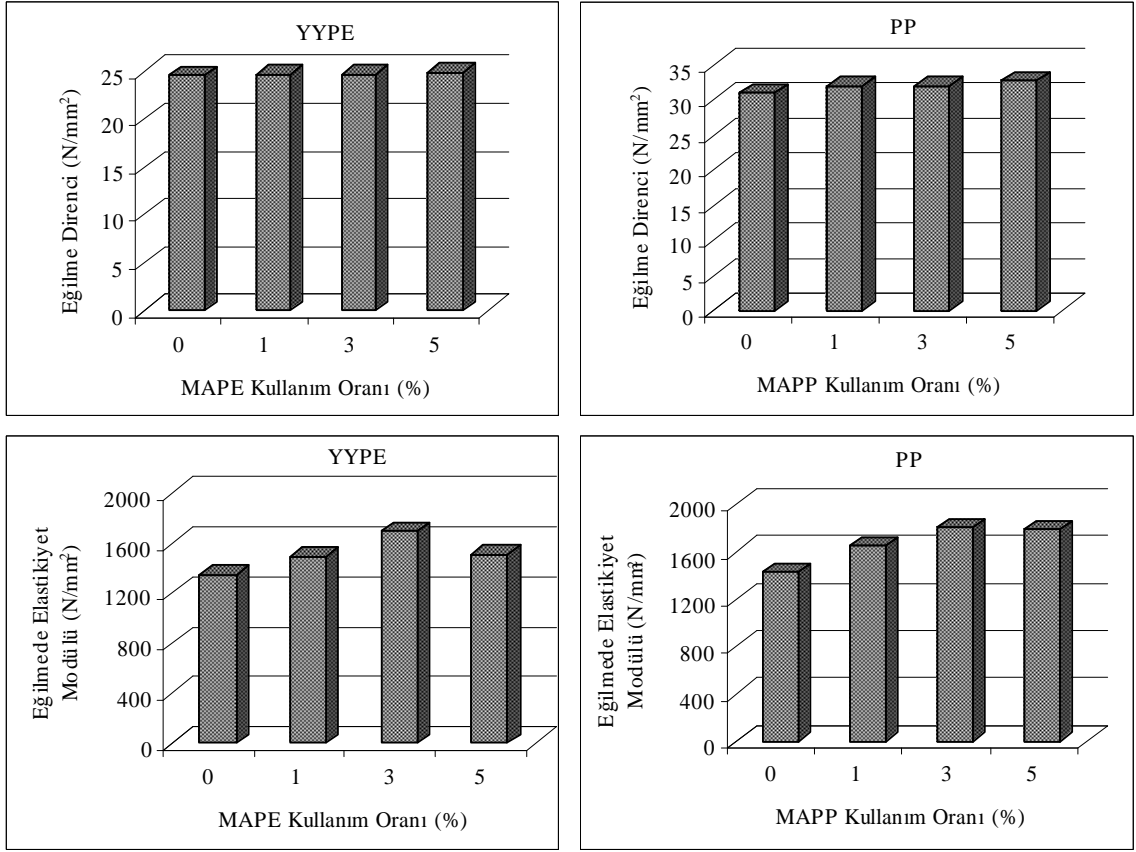
4.2.2.1.1. Eğilme Özellikleri

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı ve birleştirici ile yapılan üretimlerde eğilme direnci değerleri en düşük 27.76 N/mm², en yüksek 31.89 N/mm², eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1373.97 N/mm², en yüksek 1521.14 N/mm² olarak elde edilmiştir. PP kullanılarak üretilen levhalarda eğilme direnci değerleri en düşük 27.78 N/mm², en yüksek 32.18 N/mm², eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1418.96 N/mm², en yüksek 1495.45 N/mm² olarak elde edilmiştir. Şekil 53'te birleştirici kullanım oranının çay atığı kullanılarak üretilen levhalarının eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 53. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile yapılan üretimlerde eğilme direnci değerleri en düşük 24.75 N/mm^2 , en yüksek 32.57 N/mm^2 , eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1490.40 N/mm^2 , en yüksek 1692.57 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. PP kullanılarak üretilen levhalarda eğilme direnci değerleri en düşük 31.88 N/mm^2 , en yüksek 32.65 N/mm^2 , eğilme elastikiyet modülü değerleri ise en düşük 1649.10 N/mm^2 , en yüksek 1803.72 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Şekil 54'te birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 54. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

Şekil 53 ve Şekil 54'te görüldüğü gibi birleştirici kullanımı lignoselülozik madde ile plastik arasındaki bağlanmayı güçlendirdiğinden tüm levha tiplerinde eğilme direnci değerlerinde artış elde edilmiştir. Çay fabrikası atıkları ve YYPE ile üretilen levhalarda %3 MAPE kullanım oranında kontrol örneklerine göre %41 oranında eğilme direncinde artış elde edilmiştir. PP ile üretilen levhalarda ise MAPP kullanımı %4-16 oranında artış sağlanmıştır. MAPE ve MAPP kullanımı MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ile üretilen levhalarda kontrol örneklerine oranla %1-6 civarında küçük bir artış sağlamıştır. Yapılan bir çok çalışmada birleştiricilerin lignoselülozik dolgu maddesi ile polimer matrisi arasında bir köprü görevi üstlendiği kanıtlanmıştır (Sanadi v.d., 1997; Lu v.d., 2000; San v.d., 2008). Ayrıca, maleik anhidrit ile aşılınmış polipropilen ve polietilen (MAPP ve MAPE) içinde bulunan maleik anhidrit asit baz etkileşimi gibi polar bir etkileşim sağladığı ve lignoselülozik dolgu maddeleri üzerindeki hidroksil gruplarına kovalent bağla bağlanabildiği belirtilmektedir (Felix v.d.,1993; Sanadi v.d.,1995; San v.d., 2008). Li ve Matuana (2003) tarafından yapılan çalışmada YYPE-odun unu kompozitlerinin çekme ve

eğilme özelliklerine PE ve PP esaslı plastik türleri ve akrilik asit-maleik anhidrit gibi birleştiricilerin etkileri araştırılmış. Sonuçta PE ve PP esaslı plastiklerin ve fonksiyonelleşmiş monomer türlerin, YYPE-odun unu kompozitlerde birleştiricilerin etkilerini belirlemede en önemli etken olduğu belirtilmiştir. Ayrıca maleik anhidrit fonksiyonel polyolefinlerin akrilik asitten daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Maleik anhidrit ile aşılınmış PE esaslı uyum sağlayıcıların, YYPE-odun kompozitlerinin direnç özelliklerini geliştirmesinde PP esaslı olanlardan daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

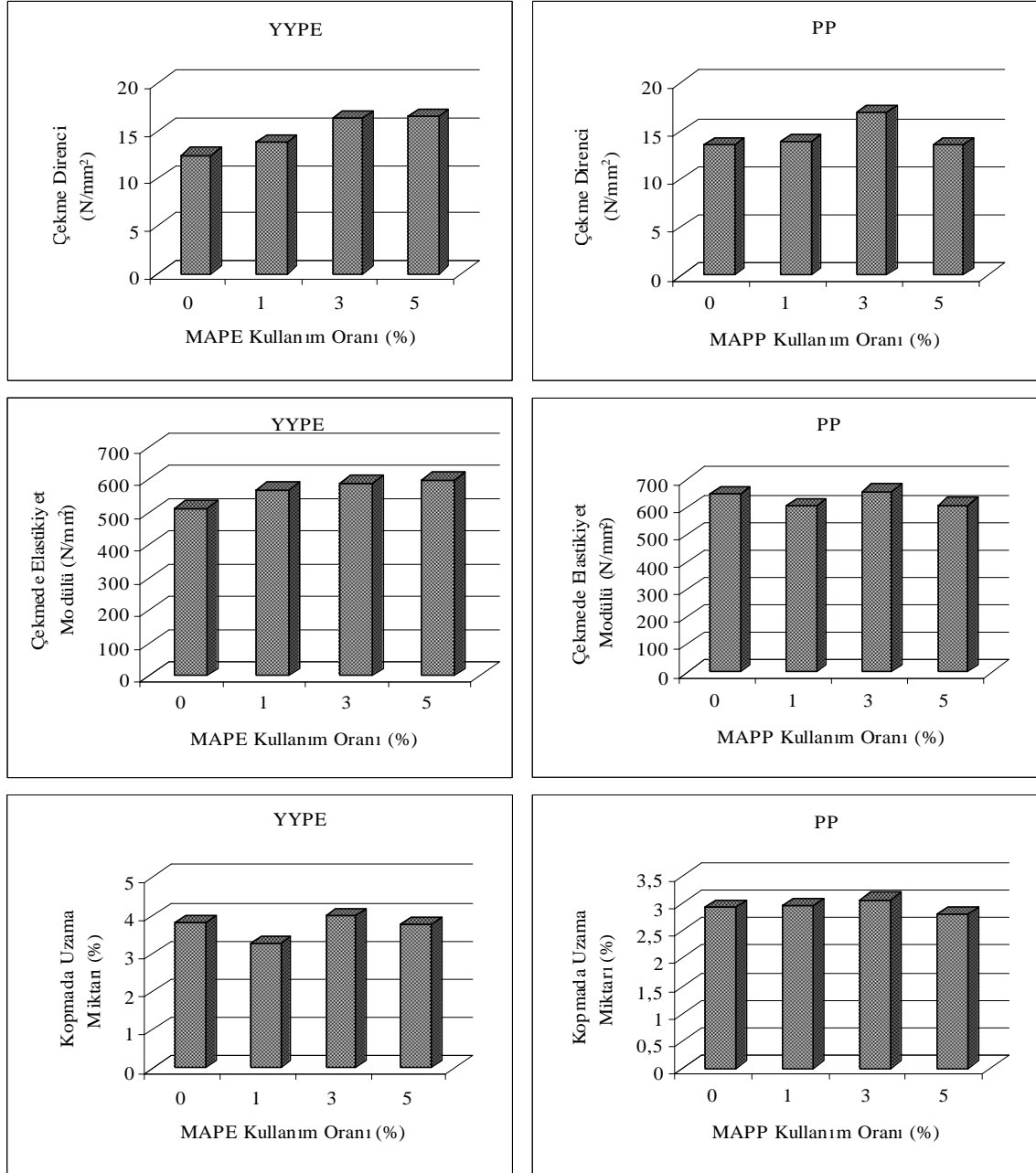
Çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda birleştiricilerin kullanılması ile eğilme direnç değerlerindeki iyileşme, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalardan çok daha yüksektir. Bu durum lignoselülozik maddelerin arasındaki boyut farklılığına bağlanabilir. Çay fabrikası atıklarınının 45 mesh'lik boyutlarda kullanılmalarına rağmen MDF zımpara tozu 200 mesh ve üzeri boyutlarda kullanılmıştır. Rozman v.d. (2010), çalışmalarında birleştiricilerin kauçuk odunun lif ve toz halinde iki farklı formda üretilen levhaların direnç özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Sonuç olarak toz formundaki kauçuk odunundan üretilen levhaların, direnç özellikleri birleştirici kullanımının oranına bağlı olarak lif formundaki kullanıma kıyasla iyileşme göstermiştir. İyileşme etkisi daha düşük oranlarda olduğu, bazı birleştiricilerde ise herhangi bir iyileşmeye neden olmadığını rapor edilmiştir.

Birleştirici kullanımı, levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde iyileşmeye neden olmuştur (Şekil 53 ve Şekil 54). En iyi sonuçlar %3 oranında birleştirici kullanımı ile elde edilmiştir. %3 MAPE kullanılarak çay fabrikası atığı ile üretilen levhalarda %47, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda ise %26 oranında artış elde edilmiştir. %3 MAPP kullanılarak çay fabrikası atığı ile üretilen levhalarda %14, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda ise %26 oranında artış sağlanmıştır.

4.2.2.1.2. Çekme Özellikleri

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı ve birleştirici ile yapılan üretimlerde çekme direnci değerleri en düşük 13.76 N/mm^2 , en yüksek 16.53 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 13.61 N/mm^2 , en yüksek 16.96 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük 567.24 N/mm^2 , en yüksek 600.69 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 609.47 N/mm^2 ve en düşük 659.62 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Kopmada uzama miktarı ise

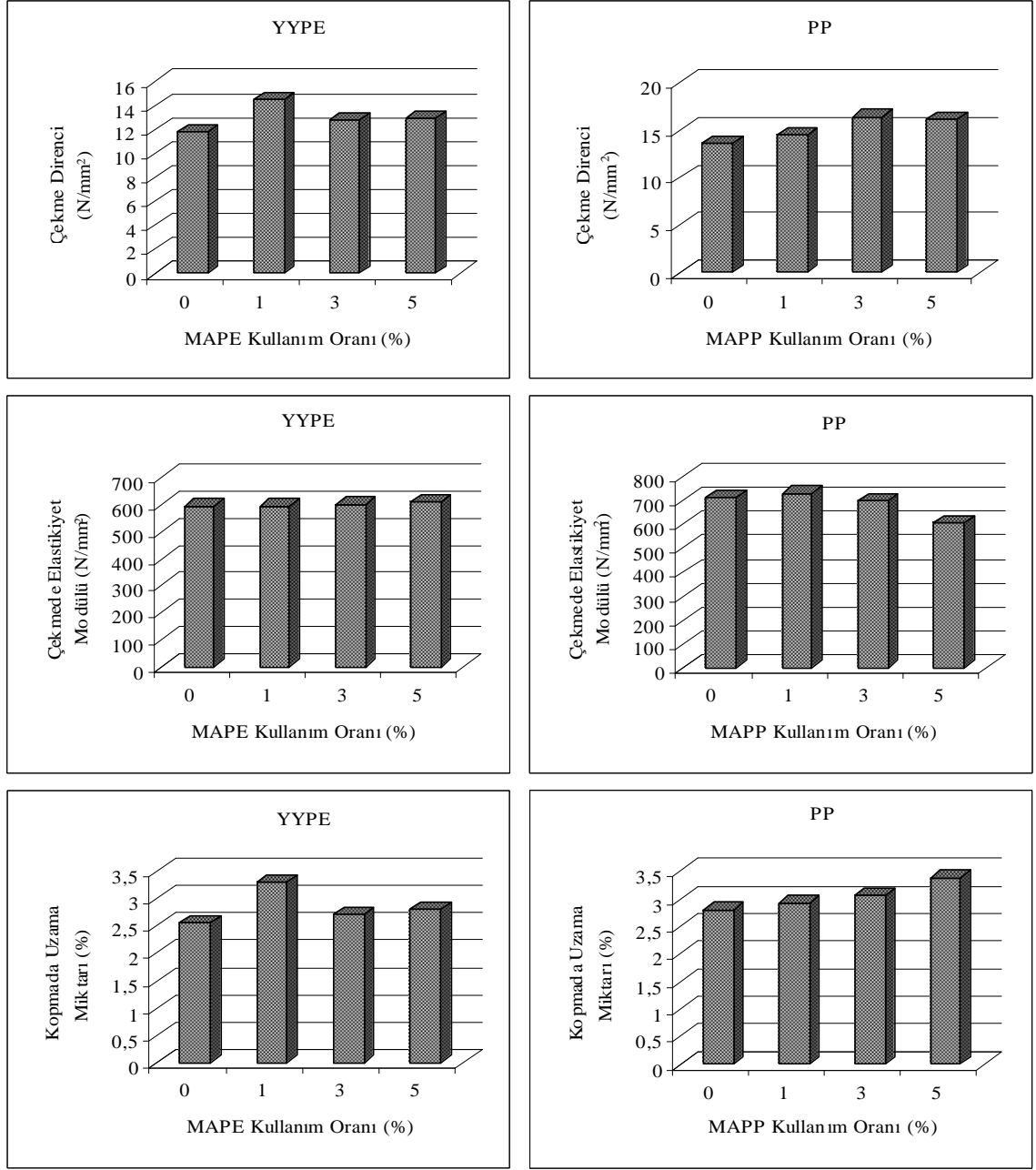
YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük %3.27 , en yüksek %4.01, PP kullanılarak üretilen levhalarda kopmada uzama miktarı en düşük %2.81, en yüksek %2.95 olarak elde edilmiştir. Şekil 55’de birleştirici kullanım oranının çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhaların çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 55. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme özellikleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile yapılan üretimlerde çekme direnci değerleri en düşük 12.82 N/mm², en yüksek 13.03 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 14.48 N/mm², en yüksek 16.43 N/mm² olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük 592.25 N/mm², en yüksek 608.44 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 605.43 N/mm² ve en düşük 729.15 N/mm² olarak elde edilmiştir. Kopmada uzama miktarı ise YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük %2.81, en yüksek %3.29, PP kullanılarak üretilen levhalarda kopmada uzama miktarı en düşük %2.93, en yüksek %3.39 olarak elde edilmiştir. Şekil 56'de birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Şekil 55 ve Şekil 56'da görüldüğü gibi birleştirici kullanımını lignoselülozik madde ile plastik arasındaki bağlanmayı güçlendirdiği için tüm levha tiplerinde çekme direnci değerlerinde artış olmuştur (Şekil 55 (a) ve Şekil 56 (a)). Çay fabrikası atıkları ve YYPE ile üretilen levhalarda % 3 ve %5 MAPE kullanım oranlarında kontrol örneklerine göre %30'un üzerinde bir artış elde edilmiştir. PP ile üretilen levhalarda ise %3 oranında MAPP kullanımını %21'lik artış sağlamıştır. MDF zımpara tozu ve YYPE ile üretilen levhalarda % 3 oranında MAPE kullanımını ile kontrol örneklerine göre %23'lük bir artış belirlenmiştir. MDF zımpara tozu ve PP ile üretilen levhalarda ise %3 oranında MAPP kullanımını %21'lik oranında artış elde edilmiştir. Birleştiricilerin termoplastik levhaların mekanik özelliklerine etkilerinin incelenmesi üzerine birçok çalışma mevcuttur. Çalışmalar sonucunda birleştiricilerin levhaların direnç özelliklerinde artış sağladığı belirtilmiştir. Bu iyileşmenin muhtemel nedeninin birleştirici kullanımının (MAPE ve MAPP) lignoselülozik madde ile termoplastiğin yüzeyleri arasındaki bağlanmayı arttırmasından kaynaklandığı düşünölmektedir (Felix v.d.,1993; Sanadi v.d., 1995; Sanadi v.d., 1997; Lu v.d., 2000; Li ve Matuana, 2003; Xu ve Shuai, 2007; Zhang v.d., 2007; San v.d., 2008; Mengeloğlu ve Karakuş, 2008).



Şekil 56. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların çekme özellikleri

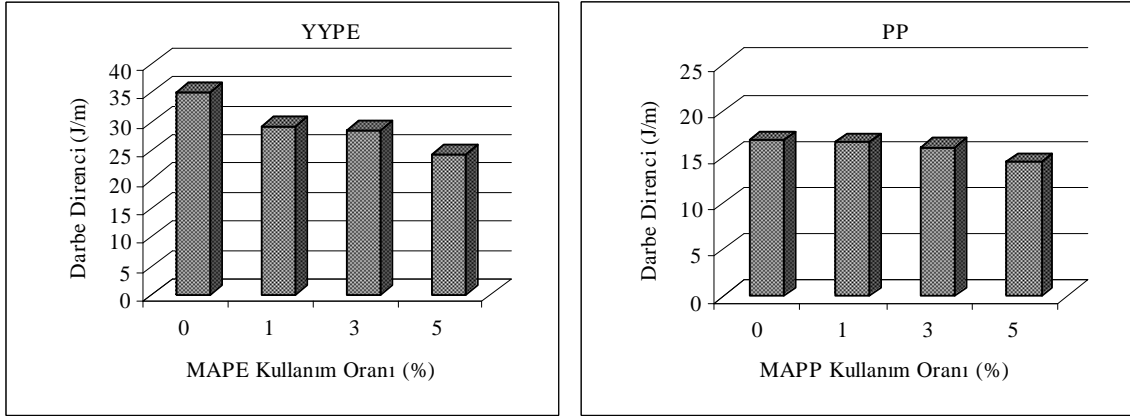
MAPE çekmede elastikiyet modülü değerlerinde, çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda %17, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda %3'lük bir artış sağlamıştır (Şekil 55 ve Şekil 56). MAPP kullanımında çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda %1.29, MDF zımpara tozu ile üretilenlerde ise %3'lük bir artış elde edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada birleştirici kullanım oranlarının artmasıyla levhaların özelliklerinde 2-3 kat gibi ciddi artışların elde edildiği, belirtilmesine rağmen deneme sonuçlarında beklenen

oranda bir artış gözlenmemiştir. (Lu v.d., 2000; Li ve Matuana, 2003; Xu ve Shuai, 2007; Zhang v.d., 2007; San v.d., 2008) Ancak bazı kaynaklarda da birleştirici kullanılması durumunda çekmede elastikiyet modülü özelliklerinde iyileşme yerine ciddi bir etki gözlenmediği (Doan v.d., 2006), ayrıca yüksek oranda kullanılması durumunda değerlerde azalma meydana geldiği belirtilmiştir (Santos v.d., 2009). Kaynaklarda bu durum iki nedene bağlanmıştır. Birinci neden; en yaygın kullanılan birleştirici olan maleik anhidritle aşılınmış poliolefinlerin erime akış indekslerinin PP ve PE gibi poliolefinlerin erime akış indekslerinden çok daha yüksek olması; bu nedenle daha kısa polimer zincire ve daha düşük molekül ağırlığa sahip olduğudur. Buna bağlı olarak yüksek oranlarda kullanımı elastikiyet modülünde azalmaya neden olabilir. İkinci nedeni ise, yüksek oranlarda MAPE ve MAPP kullanılması ile termoplastik polimerin lignoselülozik maddeden uzaklaşabilmesiyle daha zayıf bağlanmaya ve düşük direnç özelliklerine yol açtığı belirtilmiştir (Mohanty v.d., 2006; Santos v.d., 2009). Santos ve (2009) arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda %0.5 oranında MAPP kullanımının levhaların direnç özelliklerinde %60'ın üzerinde olumlu etki yaptığı, %0.5 in üzerinde kullanımlarda ise azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir (Santos v.d., 2009). Zhang ve (2008) ise, elastikiyet modülü için lignoselülozik madde kullanım oranı ile birleştiricilerin kullanımı arasında bir ilişki olabileceği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çok düşük oranda lignoselülozik madde kullanılması durumunda birleştirici oranı arttıkça levhanın elastikiyet modülü değerlerinde azalma olduğu belirtilmiştir. Bunun nedeni birleştiricinin elastikiyet modülünün, termoplastik matrisin elastikiyet modülünden daha düşük olmasından kaynaklanması ile açıklanmıştır. Bu durum farklı kaynaklar tarafından da desteklenmektedir. Bu kaynaklara göre; termoplastik matrisi içerisinde lignoselülozik madde oranı arttıkça birleştiricilerin etkinliği artmasını ve elastikiyet modülü farklılığının yarattığı azalmayı kompanze edilebilmektedir (Stricker v.d., 1997; Marcovich ve Villar, 2003; Zhang v.d., 2008).

MAPE ve MAPP kullanımı ile levhaların kopmada uzama miktarı üzerinde de artışa neden olmuştur. Bu artış ciddi bir boyutta olmamıştır. Mengeloğlu ve Kabakçı (2008) ökaliptus odunu dolgululu termoplastik levhalarda %4 oranında MAPE kullanmışlar ve birleştirici kullanımının levhanın özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. MAPE kullanımının kopmada uzama miktarı değerlerinde küçük bir artışa neden olduğu ciddi bir etki yapmadığını belirtmişlerdir.

4.2.2.1.3. Darbe Direnci

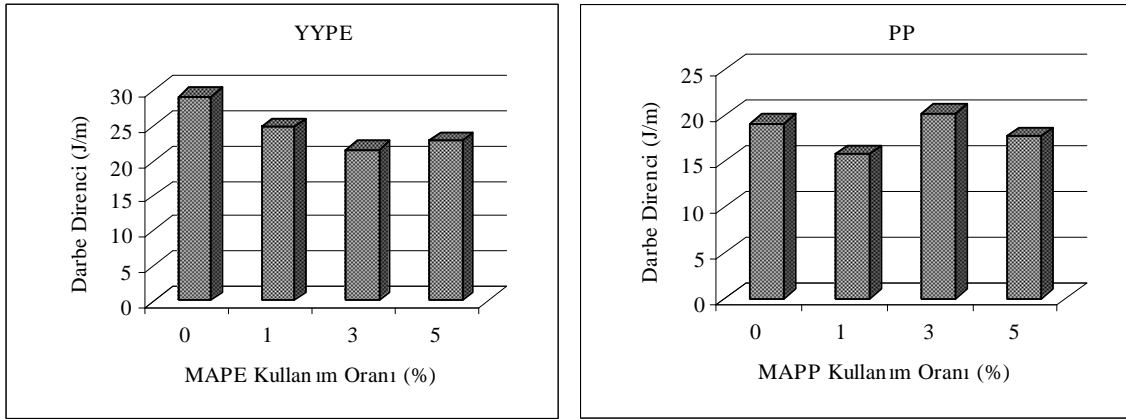
YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı ve birleştirici ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri; en düşük 24.42 J/m, en yüksek 29.24 J/m, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 14.39 J/m, en yüksek 16.64 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 57’de birleştirici kullanım oranının çay fabrikası atığı kullanılarak üretilen levhalarının darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 57. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu ve birleştirici ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri; en düşük 21.68 J/m, en yüksek 24.88 J/m, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 15.78 J/m, en yüksek 20.22 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 58’de birleştirici kullanım oranının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Şekil 57 ve Şekil 58’de MAPE ve MAPP kullanımı diğer mekanik özelliklerin aksine genel olarak darbe direncinde azalma görülmüştür. Myers v.d. (1993) PP ve odun tozu kompozit kalitesi üzerine ekstrüzyon sıcaklığı ve MAPP’ nin etkisini çalışmışlardır. MAPP kullanımı çentikli darbe geriliminde negatif etki yaptığı, yüksek ekstrüzyon sıcaklıklarında ahşap tozu dolgularının kırılmalıklarının ve kompozitin içindeki dolgu miktarının artmasının darbe geriliminde bir azalmaya neden olduğu kanısına varmışlardır.



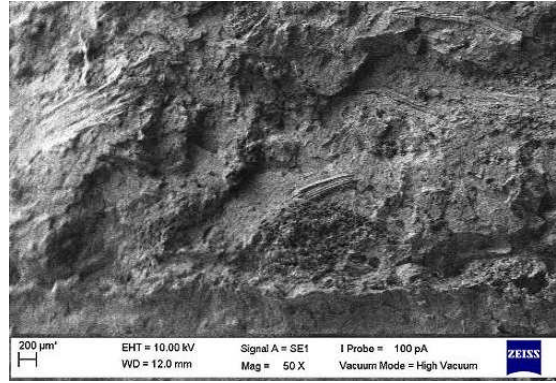
Şekil 58. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP ve birleştiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

4.2.3. Morfolojik Özellikler (SEM)

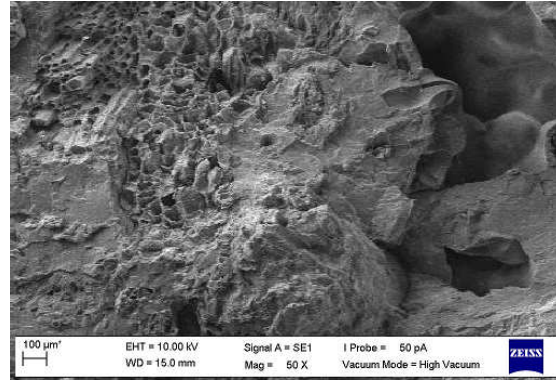
Çay fabrikası atığı, termoplastik polimerler ve birleştiriciler ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri Şekil 59'da verilmektedir. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler ve birleştiriciler ile üretilen levhalara ait SEM görüntüleri ise Şekil 60'da görülmektedir.



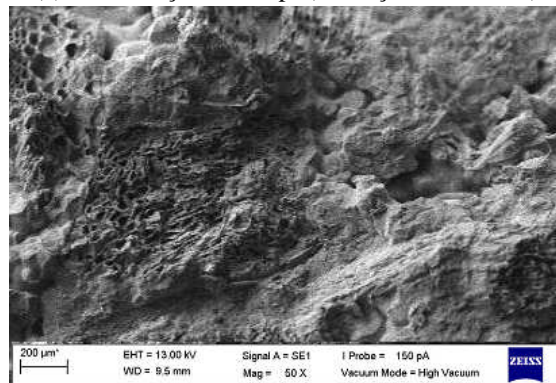
(a) Kontrol-Ç4 levha tipi (40 ÇFA / %60 YYPE)



(b) Ç12 levha tipi (%3 MAPE / %40 ÇFA / %54 YYPE)

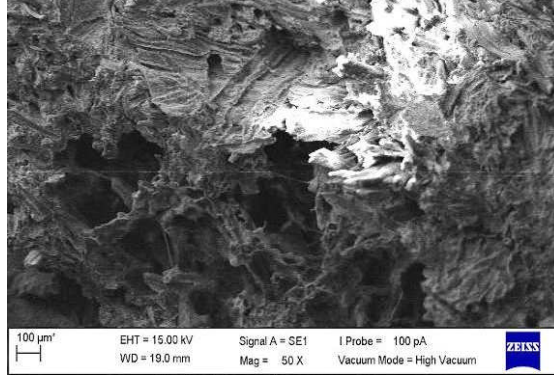


(c) Kontrol-Ç9 levha tipi (%40 ÇFA / %60 PP)

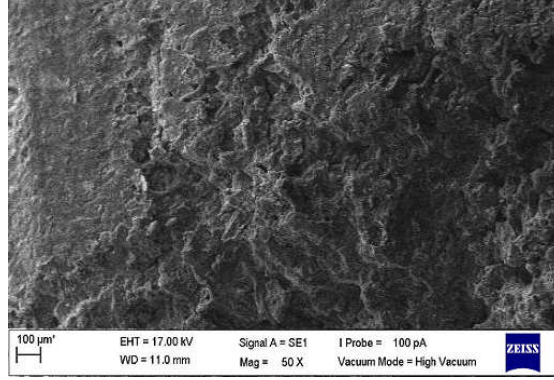


(d) Ç15 levha tipi (%3MAPP / %40ÇFA / %54PP)

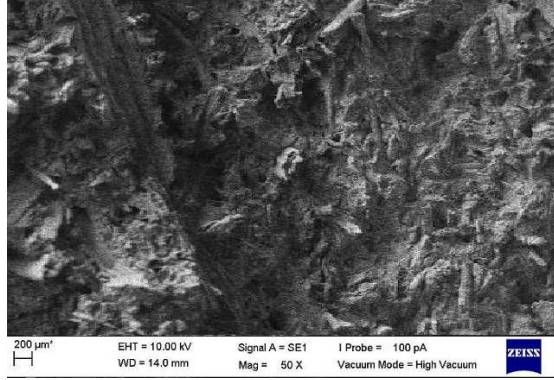
Şekil 59. %3 oranında birleştirici, MDF zımpara tozu (MDFZT) ve termoplastik polimerler ile üretilen levhalar ve kontrol levhalarına ait SEM görüntüleri



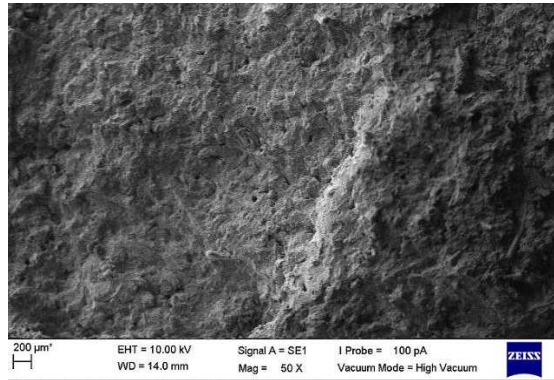
(a) Kontrol-L4 levha tipi (40MDFZT/%60YYPE)



(b) L12 levha tipi (%3MAPE/%40MDFZT/%54YYPE)



(c) Kontrol -L9 levha tipi (40MDFZT/%60PP)



(d) L15 levha tipi (%3MAPP/%40MDFZT/%54PP)

Şekil 60. %3 oranında birleştirici, MDF zımpara tozu (MDFZT) ve termoplastikler ile üretilen levhalar ve kontrol levhalarına ait SEM görüntüleri

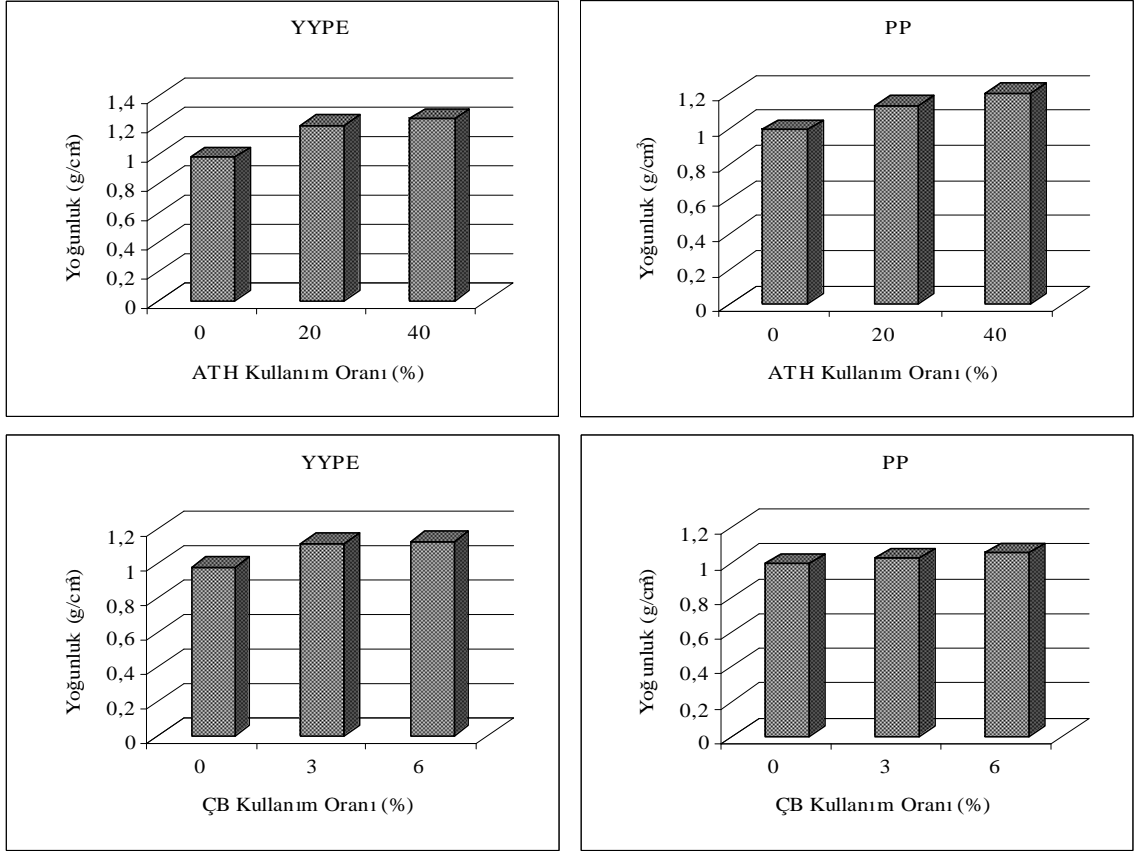
50 X büyütme SEM görüntüleri incelendiğinde, birleştirici kullanımının lignoselülozik dolgu maddesi ile termoplastik matrisi arasındaki bağlanmayı güçlendirdiği gözlenmektedir. %3 oranında MAPE ve MAPP kullanımı ile üretilen levhalar kontrol levhaları ile karşılaştırıldığında levha içerisindeki boşlukların azaldığı ve lignoselülozik materyalin termoplastik matrisi içerisinde daha homojen bir dağılım gösterdiği gözlenmektedir.

4.3. Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

4.3.1. Fiziksel Özellikler

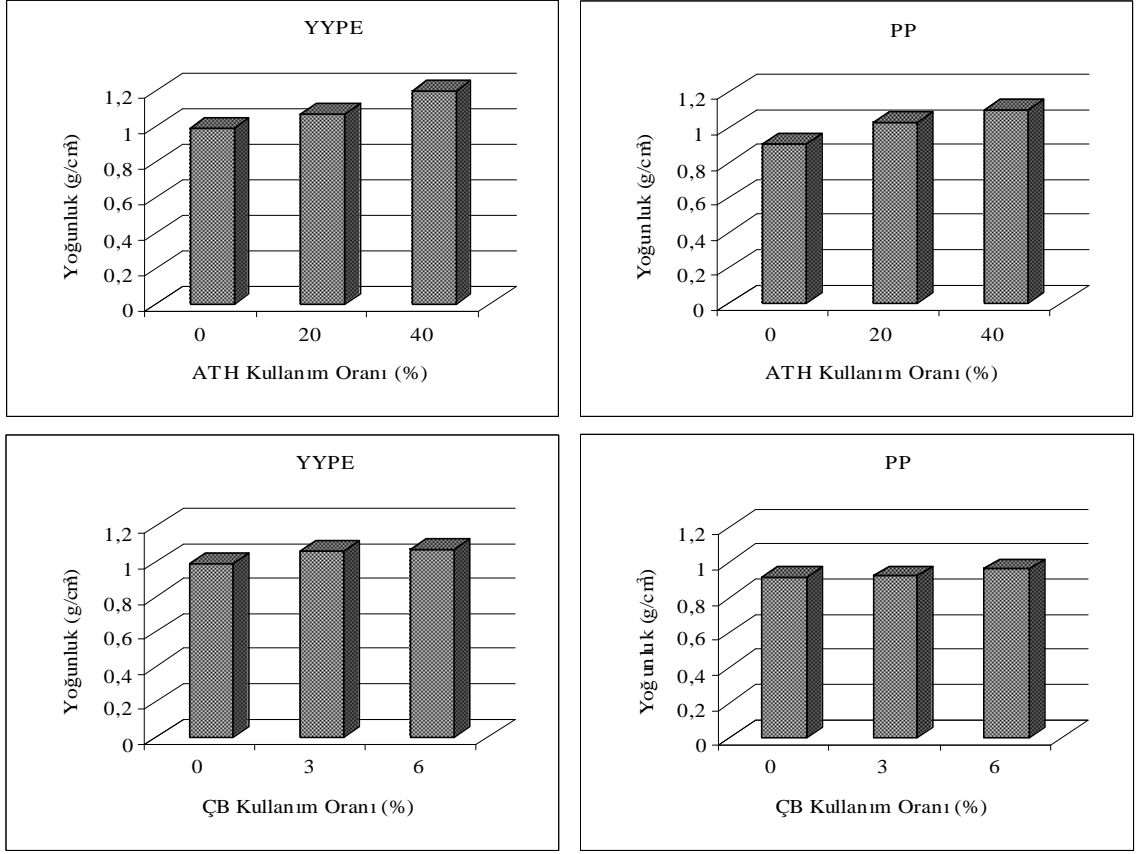
4.3.1.1. Yoğunluk

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri en düşük 1.06 g/cm^3 en yüksek 1.20 g/cm^3 , PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 0.92 g/cm^3 , en yüksek 1.10 g/cm^3 aralığında elde edilmiştir. Şekil 61'de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhalarının yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 61. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri en düşük 1.11 g/cm^3 en yüksek 1.24 g/cm^3 , PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 1.02 g/cm^3 , en yüksek 1.20 g/cm^3 aralığında elde edilmiştir. Şekil 62’de yangın geciktirici ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının yoğunlukları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



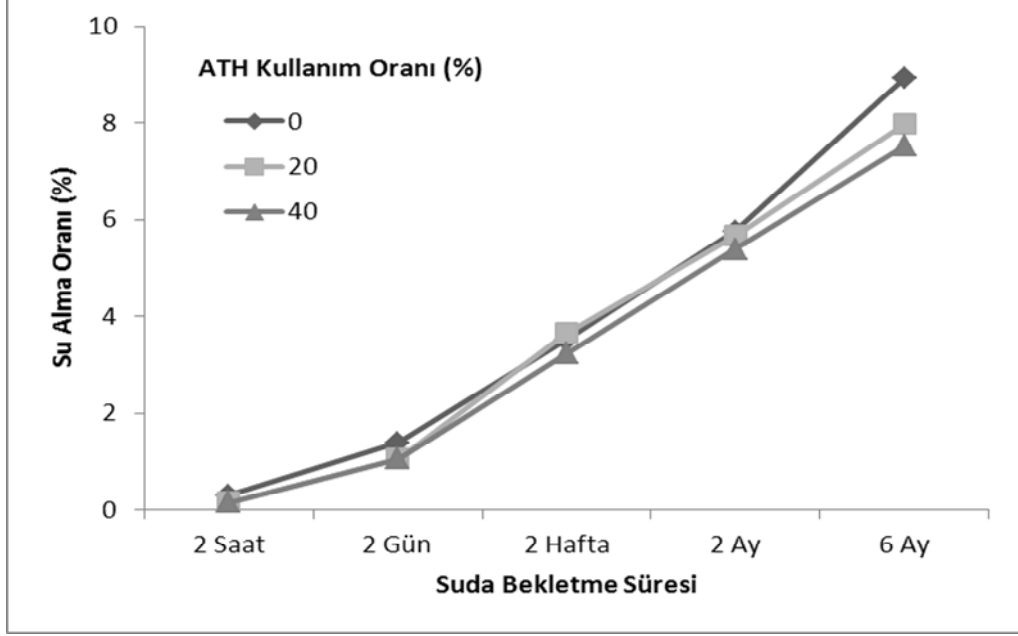
Şekil 62. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

Şekil 61 ve Şekil 62'de görüleceği gibi yangın geciktirici kullanımı levhaların yoğunluk değerlerini arttırmıştır. ATH (2.4 g/cm^3) ve ÇB (2.79 g/cm^3) plastik ve lignoselülozik dolgu maddelerden daha yüksek yoğunluklara sahiplerdir. Bu sebeple YGM kullanım oranları arttıkça yoğunluk değerlerinde artış gözlenmiştir. Kurt ve Mengeloğlu (2011) çalışmalarında yangın geciktiricilerin yoğunluğunun termoplastik matris ve lignoselülozik maddelerden yüksek olması durumunda levhanın yoğunluğunun artacağını belirtmişlerdir.

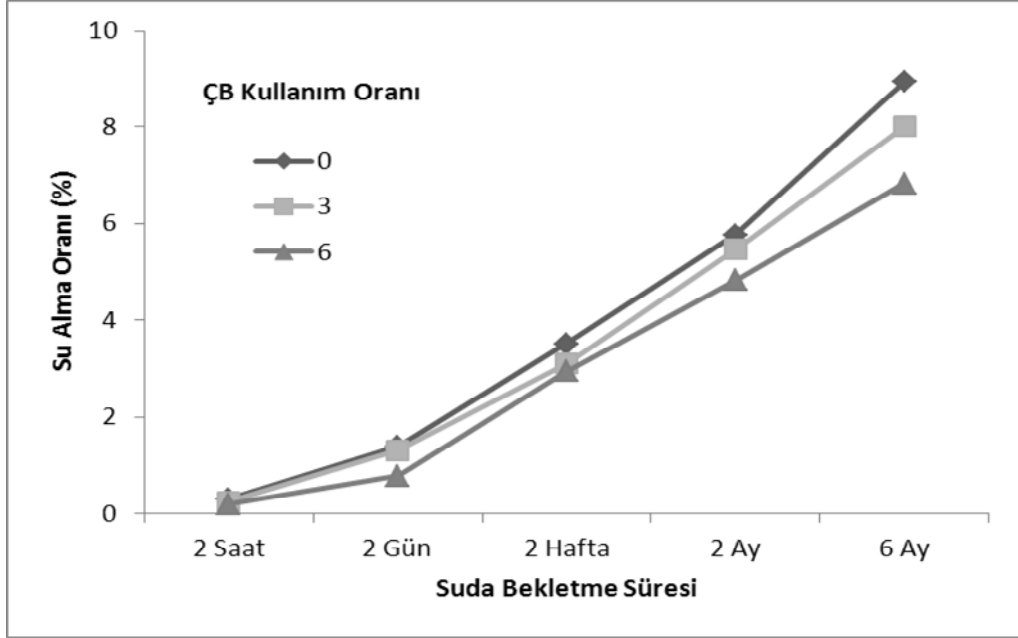
4.3.1.2. Su Alma Oranı

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların su alma oranları 2 saat için en yüksek %0.15 ve en düşük %0.24 iken, 6 ay için en düşük %6.82, en yüksek %7.97 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.29, en yüksek %0.38 iken 6 ay için ise en düşük %12.79, en yüksek %13.69

olarak belirlenmiştir. Şekil 63 ve Şekil 64’de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

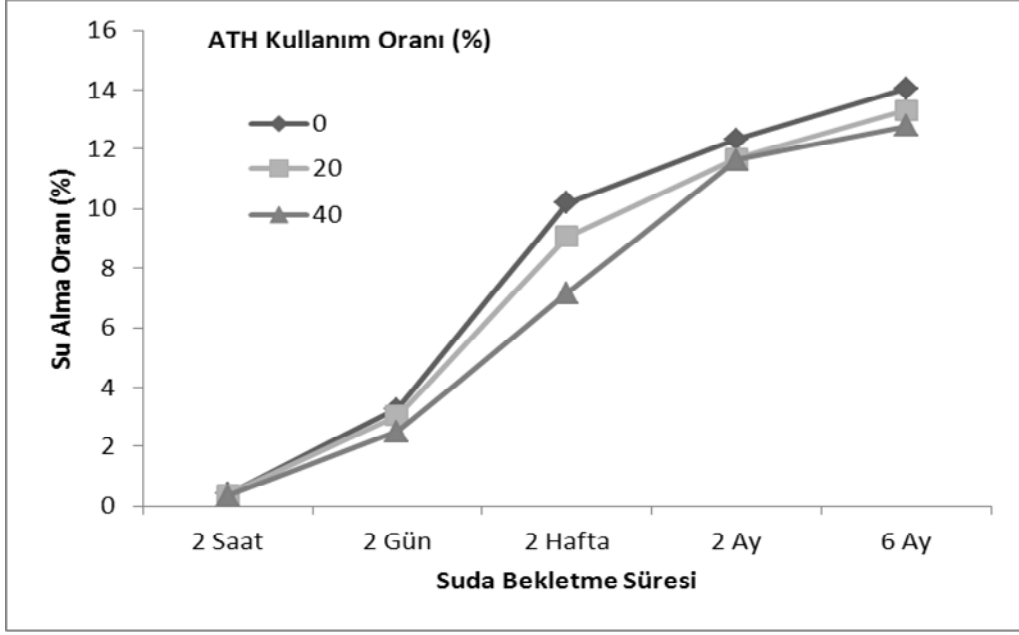


(a)

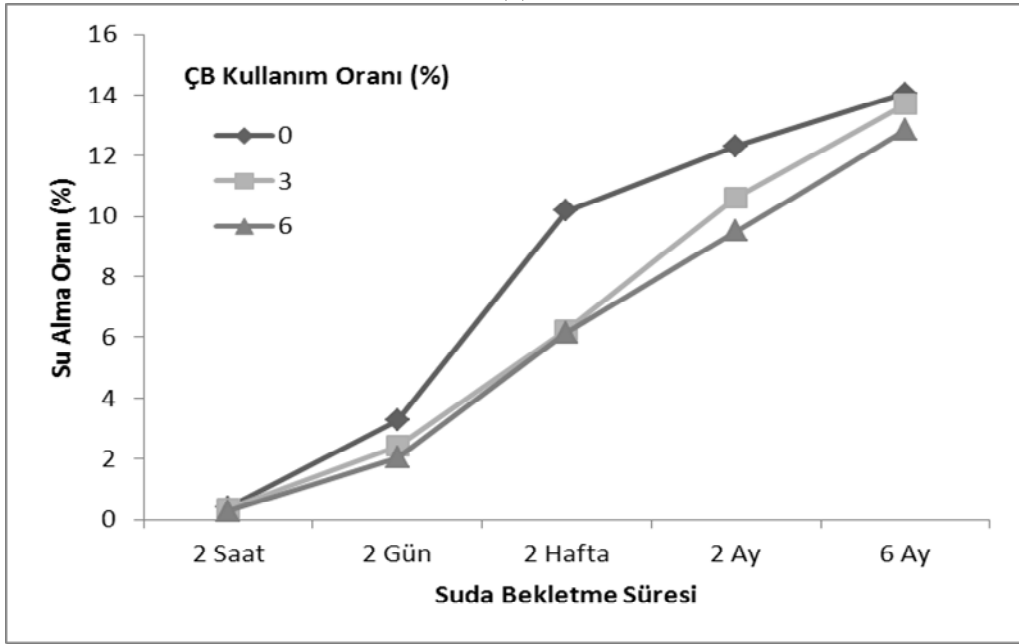


(b)

Şekil 63. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları



(a)

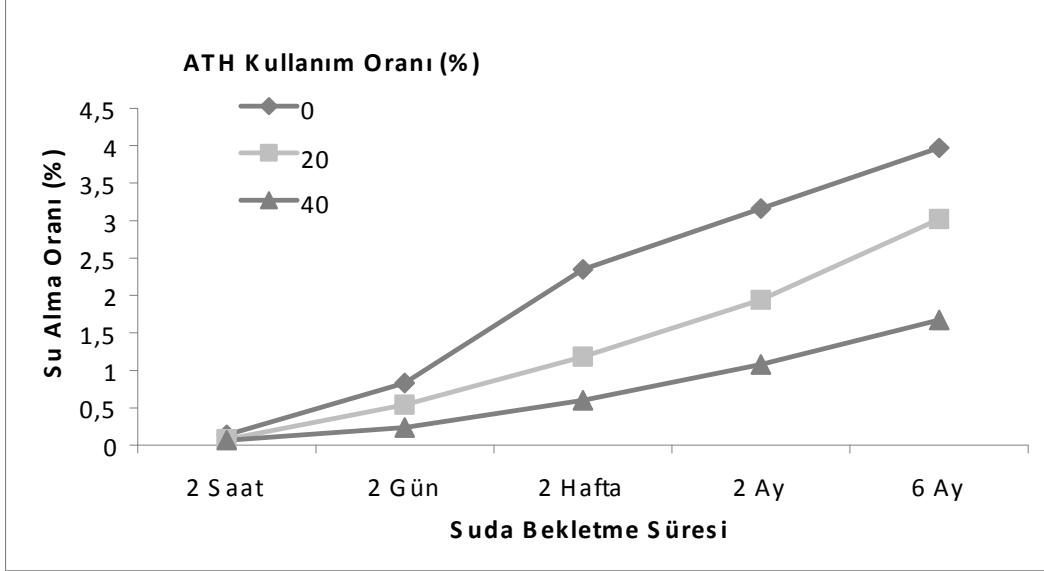


(b)

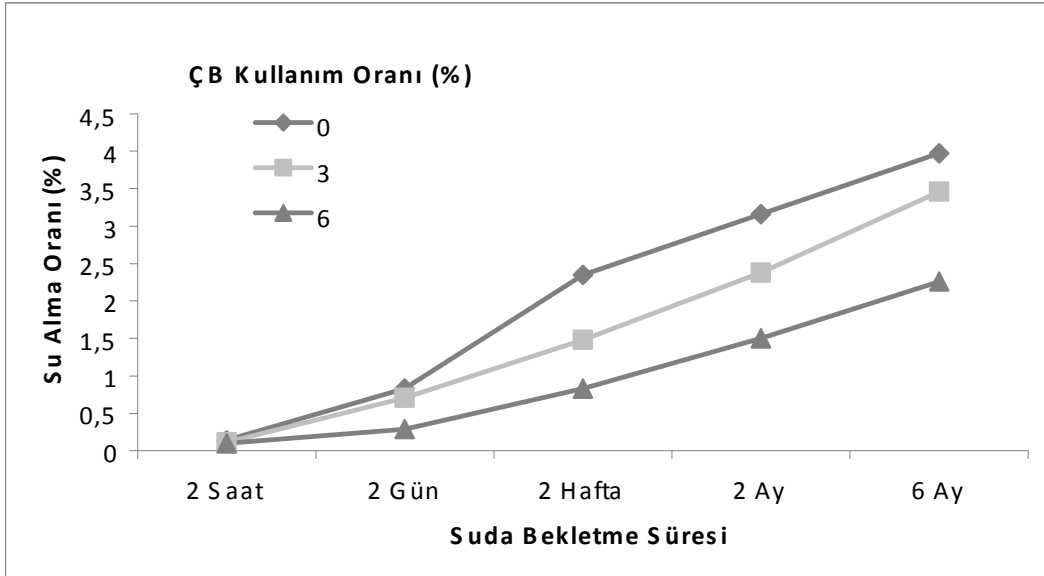
Şekil 64. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların su alma oranları 2 saat için en yüksek %0.07 ve en düşük %0.11 iken, 6 ay için en düşük %1.67, en yüksek %3.46 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.10, en yüksek %0.21 iken 6 ay için ise en düşük %4.44, en yüksek %8.06 olarak belirlenmiştir. Şekil 65 ve Şekil 66'da yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF

zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların su alma oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

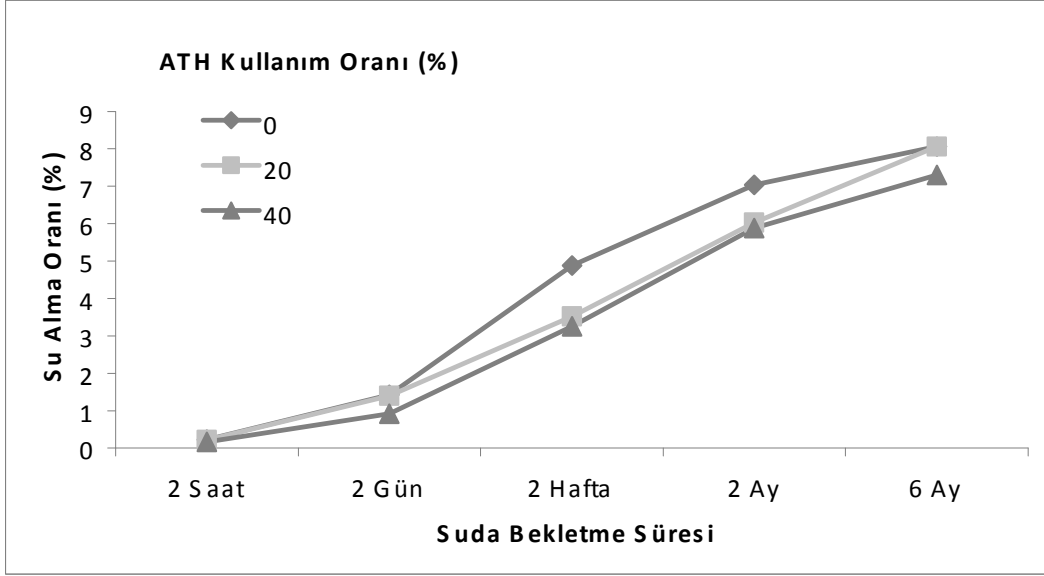


(a)

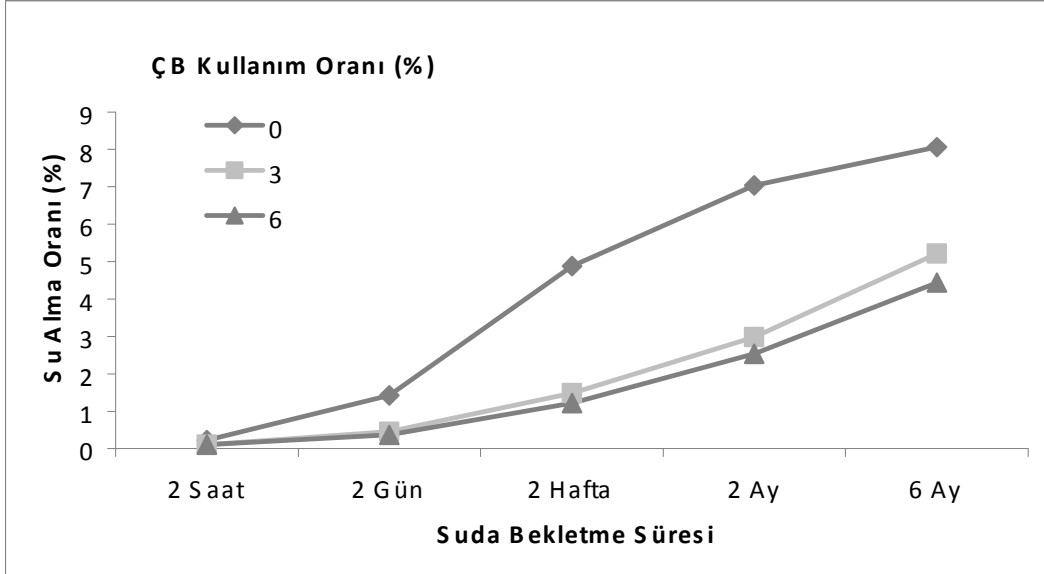


(b)

Şekil 65. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları



(a)



(b)

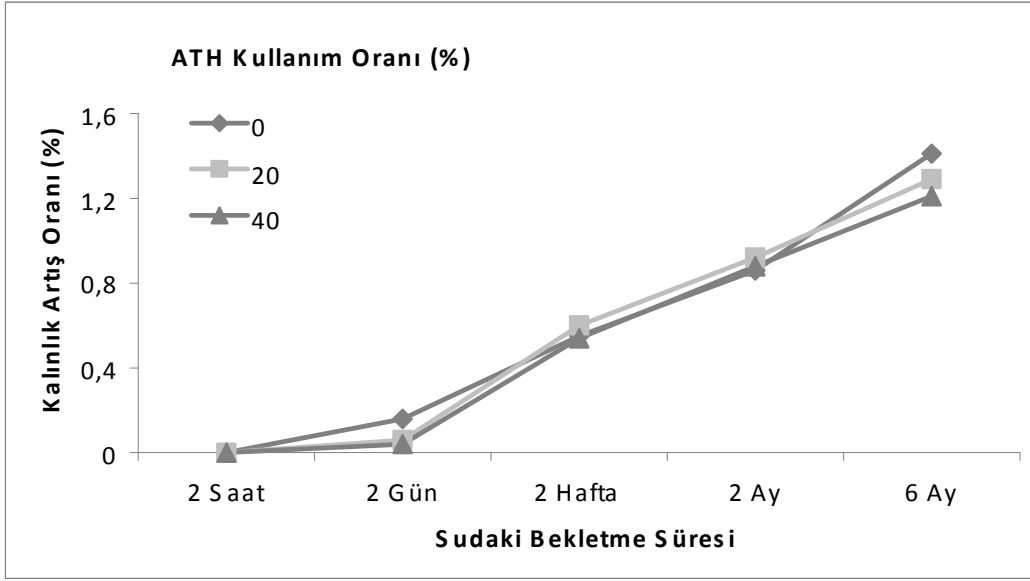
Şekil 66. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

Şekil 63-66 arasındaki grafiklerden anlaşılacağı üzere suda bekletme süresi arttıkça tüm levha tiplerinde su alma oranı artmıştır. YGM'lerin üretim sırasında polimer matrisindeki lignoselülozik maddeye penetre olarak örneklerin su almalarını engellemiş olabileceği düşünülmektedir (Hashim v.d., 2005; Sulaiman v.d., 2008; Garcia v.d., 2009). Bu nedenle yangın geciktirici madde kullanım oranına paralel olarak su alma oranları azalmıştır. Hashim v.d. (2009) MDF üretiminde YGM'lerin (çinko borat, alüminyum tri

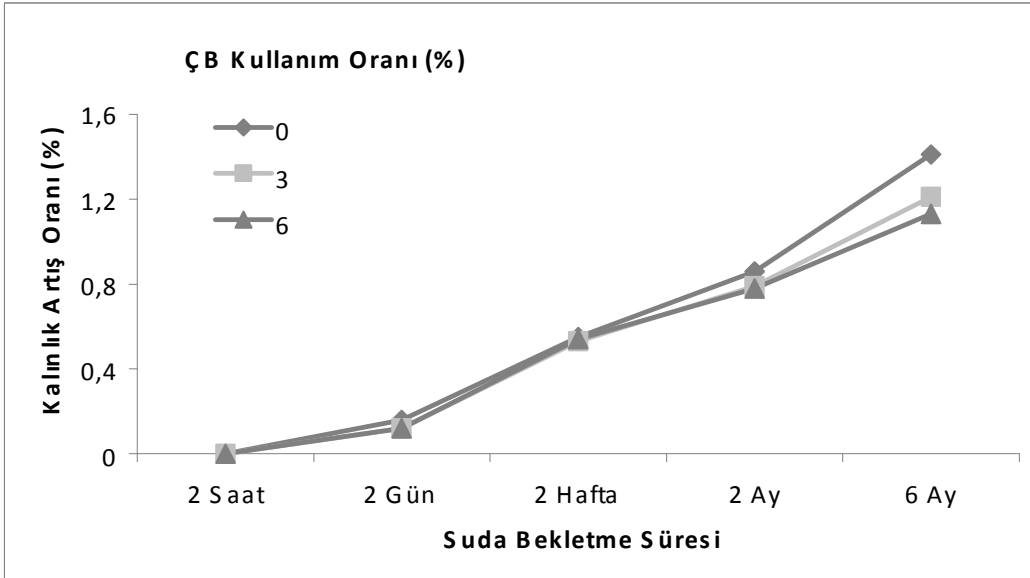
hidroksit ve sodyum alüminat) levha özellikleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, YGM'lerin üretim sırasında odun lifleri ile penetre olarak suyun girmesini engellediği ve bu sayede su alma ve kalınlık artış oranları üzerinde azalmanın sağlandığı rapor etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, YGM kullanım oranı arttıkça su alma ve kalınlık artış oranlarında azalma gözlemlendiği belirtilmiştir. Bir çok kaynakta da suda çözünmeyen çinko boratın su alma oranını azalttığı belirtilmiştir (Stark v.d., 2003; Gnatowski ve Burnaby, 2005; Kylosov 2007; Sulaiman v.d., 2008). Gnatowski ve Burnaby (2005) 2005 yılında levhaların dış ortamlarda uzun süreli kullanılmaları durumunda su alma oranında ve diğer bazı özelliklerindeki değişiklikleri belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 6 yıl açık havada bekletilen %3 oranında çinko borat kullanılan örneklerde su alma oranının azaldığını belirtmişlerdir. Fontaine v.d. (2008)'e göre çinko borat sinerjist olarak diğer YGM'ler ile birlikte kullanıldığında su almayı azaltmakta ve suda bekletme süresince levha içerisinde kullanılan diğer katkı maddelerinin uzaklaşmasını engelleyici rol oynamaktadır.

4.3.1.3. Kalınlık Artış Oranı

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları 2 saat için %0 iken, 6 ay için en düşük %1.13, en yüksek %1.29 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0.04, en yüksek %0.12 iken 6 ay için ise en düşük %0.90, en yüksek %1.86 olarak belirlenmiştir. Şekil 67 ve Şekil 68'de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atıkları kullanılarak üretilen levhaların kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

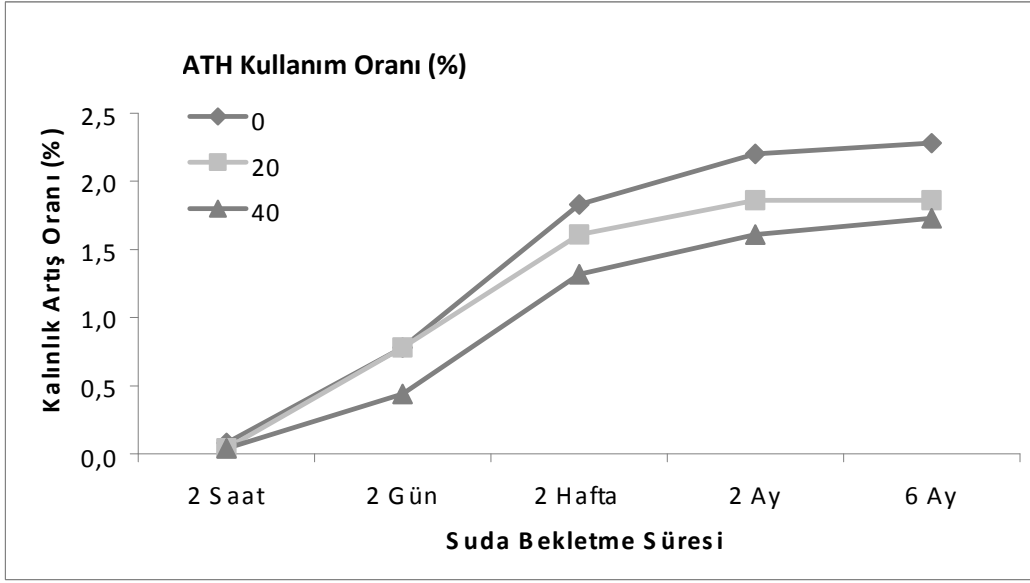


(a)

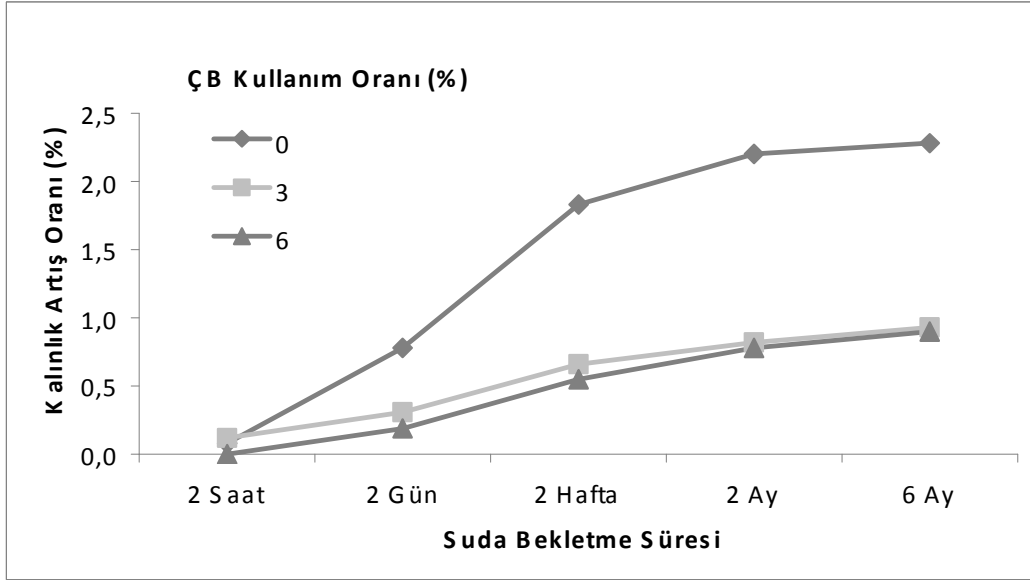


(b)

Şekil 67. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları



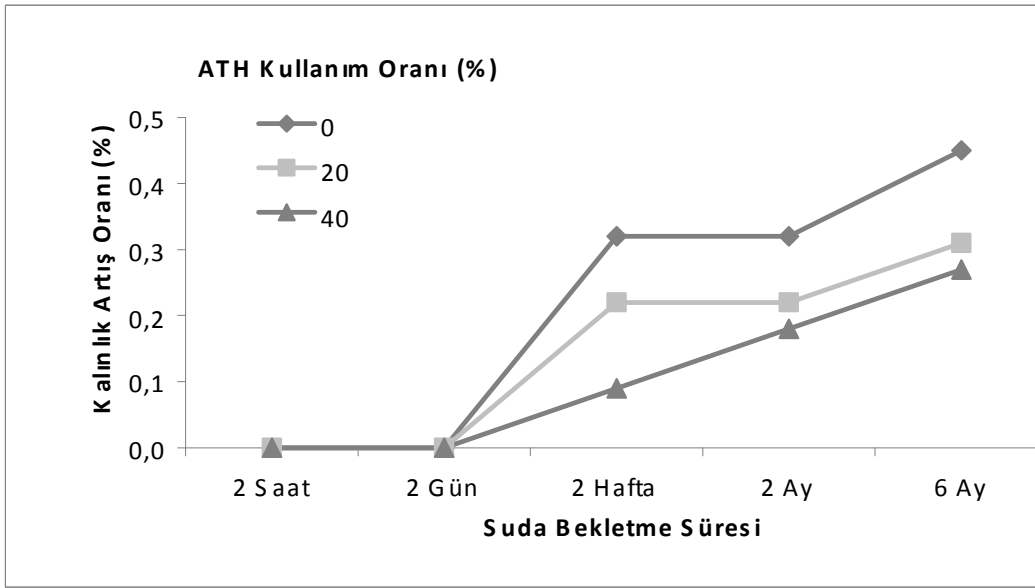
(a)



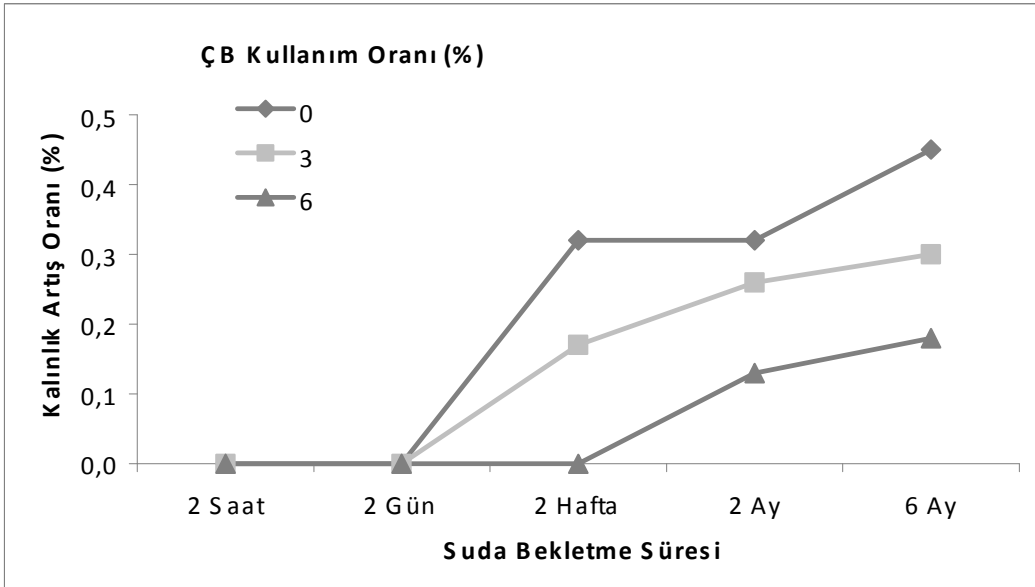
(b)

Şekil 68. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, çay fabrikası atıkları, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları 2 saat için %0 iken, 6 ay için en düşük %0.18, en yüksek %0.31 olarak belirlenmiştir. PP kullanımında ise 2 saat için en düşük %0, en yüksek %0.04 iken 6 ay için ise en düşük %0.62, en yüksek %1.32 olarak belirlenmiştir. Şekil 69 ve Şekil 70'de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının kalınlık artış oranı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

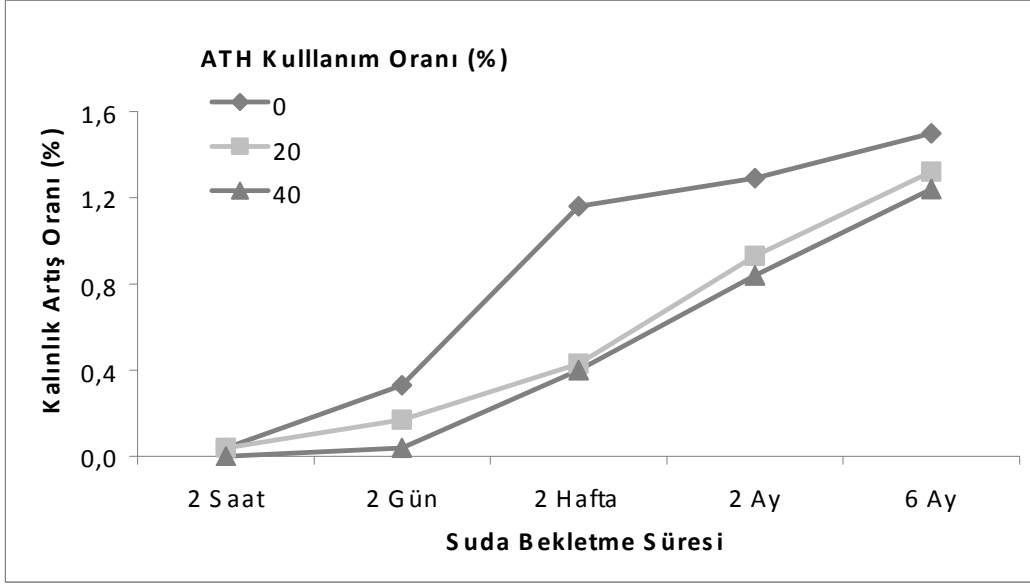


(a)

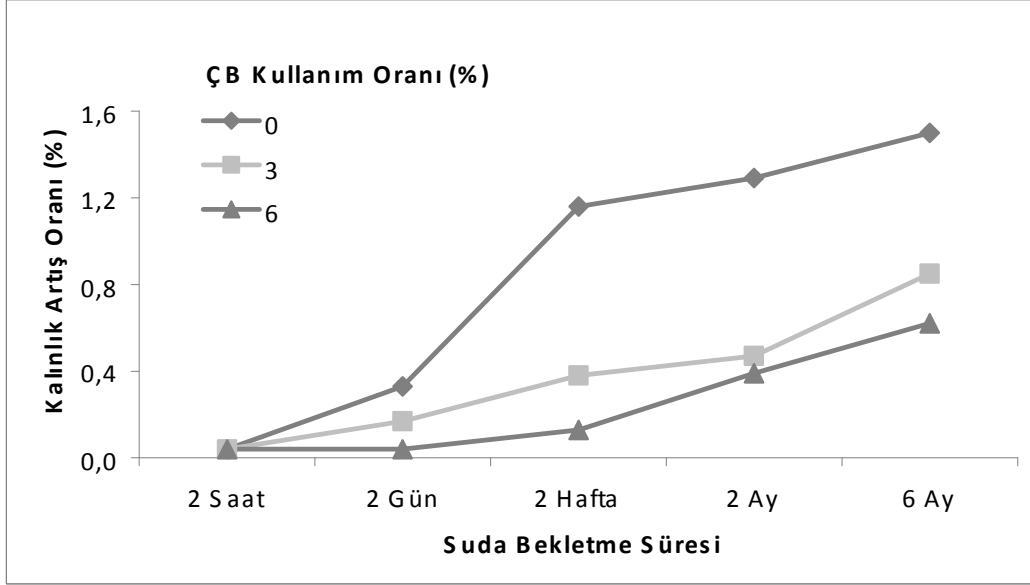


(b)

Şekil 69. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, YYPE ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları



(a)



(b)

Şekil 70. a) ATH, (b) ÇB yangın geciktiricileri, MDF zımpara tozu, PP ve birleştirici maddeler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

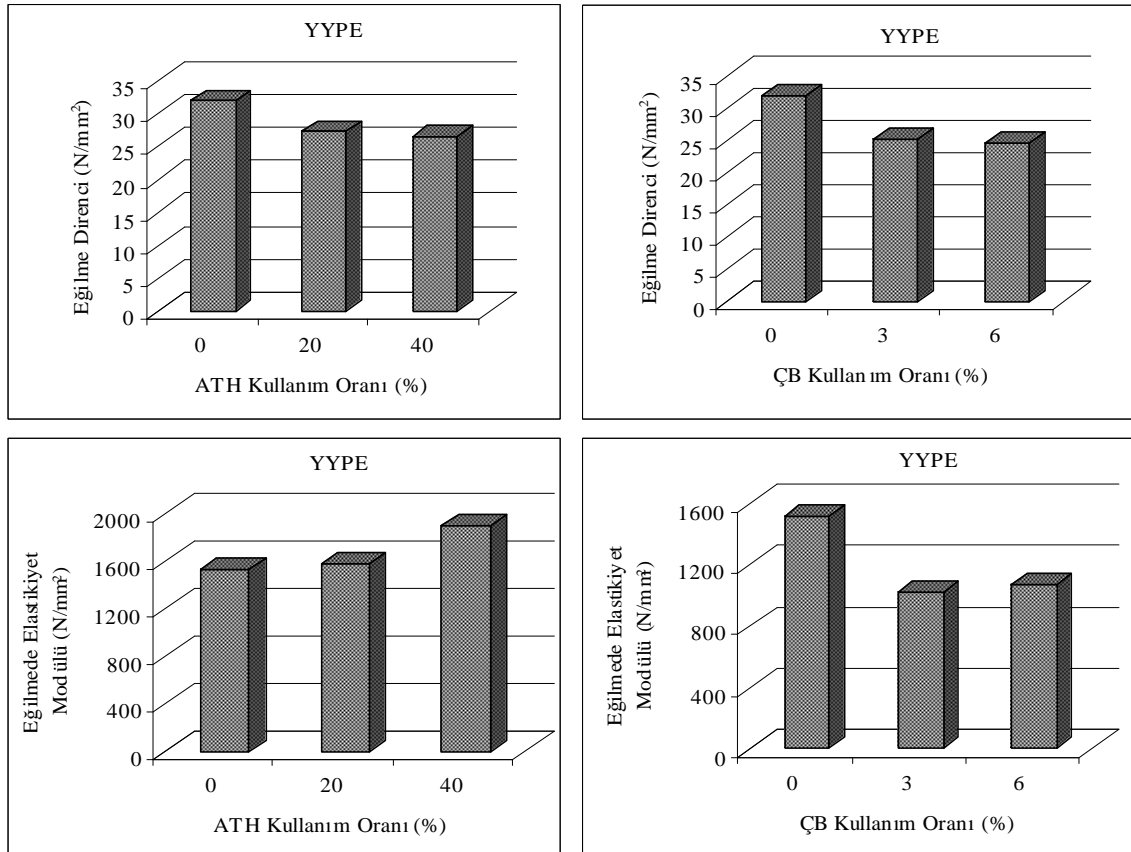
Şekil 67-70 arasındaki grafiklerden anlaşılacağı üzere suda bekletme süresi arttıkça tüm levha tiplerinde kalınlık artış oranı artmıştır. Yangın geciktirici kullanımının levhaların kalınlık artış oranını azalttığı görülmektedir. Polipropilen ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları, YYPE ile üretilen levhalardan daha yüksek çıkarken, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalardan daha yüksek çıkmıştır. Çinko borat kullanılarak üretilen levhalar, ATH ile

üretile levhalardan daha iyi sonuç vermiştir. Hashim v.d. (2009) çalışmalarında yangın geciktiriciler ile üretilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Çalışmaları sonucunda çinko borat ile üretilen levhaların kalınlık artış oranı değerleri ATH'a göre daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeninin çinko boratın suda çözünmeyen karakterde olması ve su iticilik özelliğinin ATH'dan daha yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

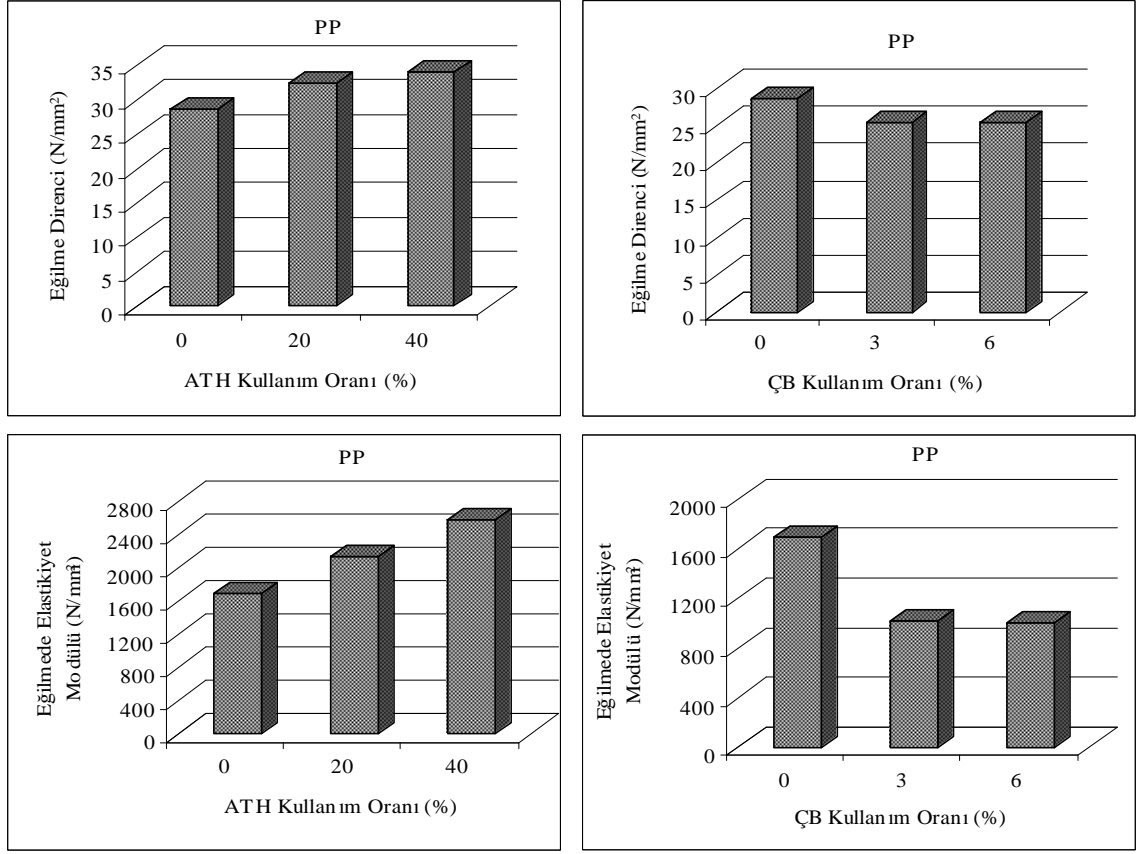
4.3.2. Mekanik Özellikler

4.3.2.1. Eğilme Özellikleri

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri en düşük 24.57 N/mm², en yüksek 27.25 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 25.36 N/mm², en yüksek 34.03 N/mm² olarak elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri YYPE kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 1018.52 N/mm², en yüksek 1890.89 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 1004.02 N/mm², en yüksek 2578.32 N/mm² olarak elde edilmiştir. Şekil 71 ve Şekil 72'de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhalarının eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

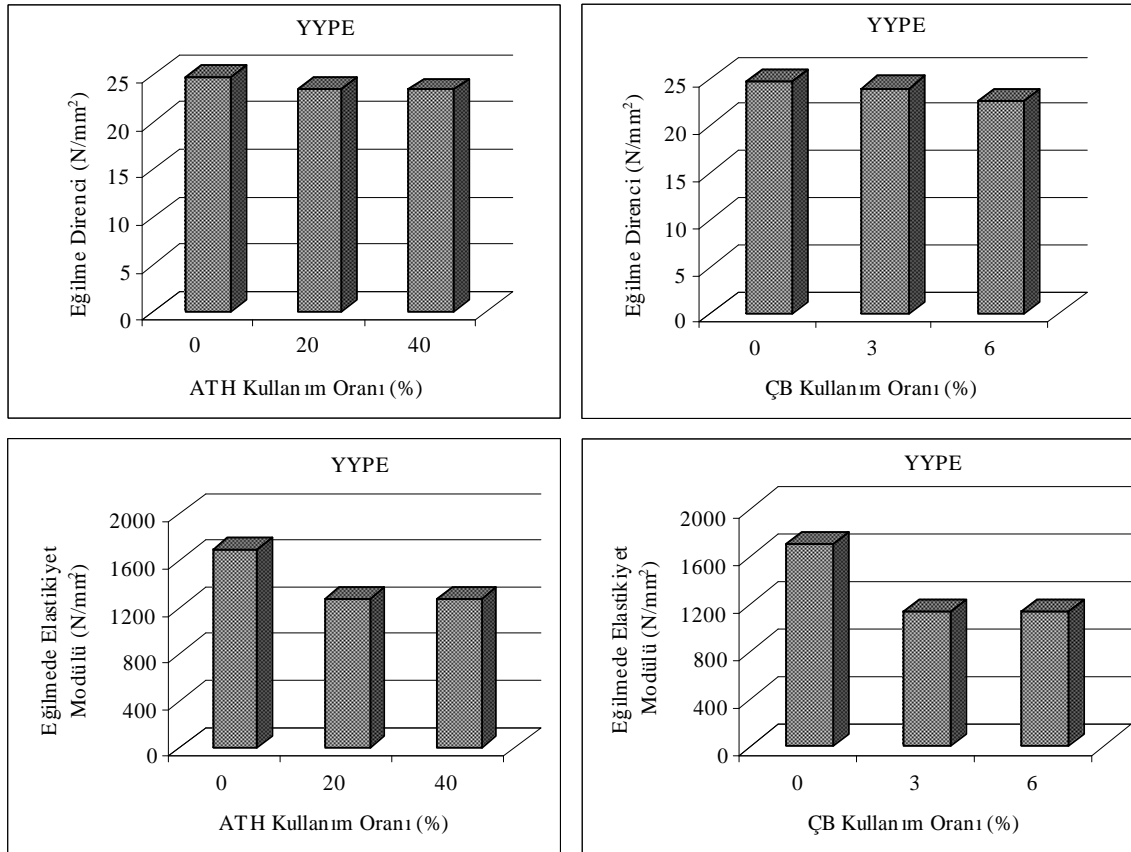


Şekil 71. Çay fabrikası atıkları, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

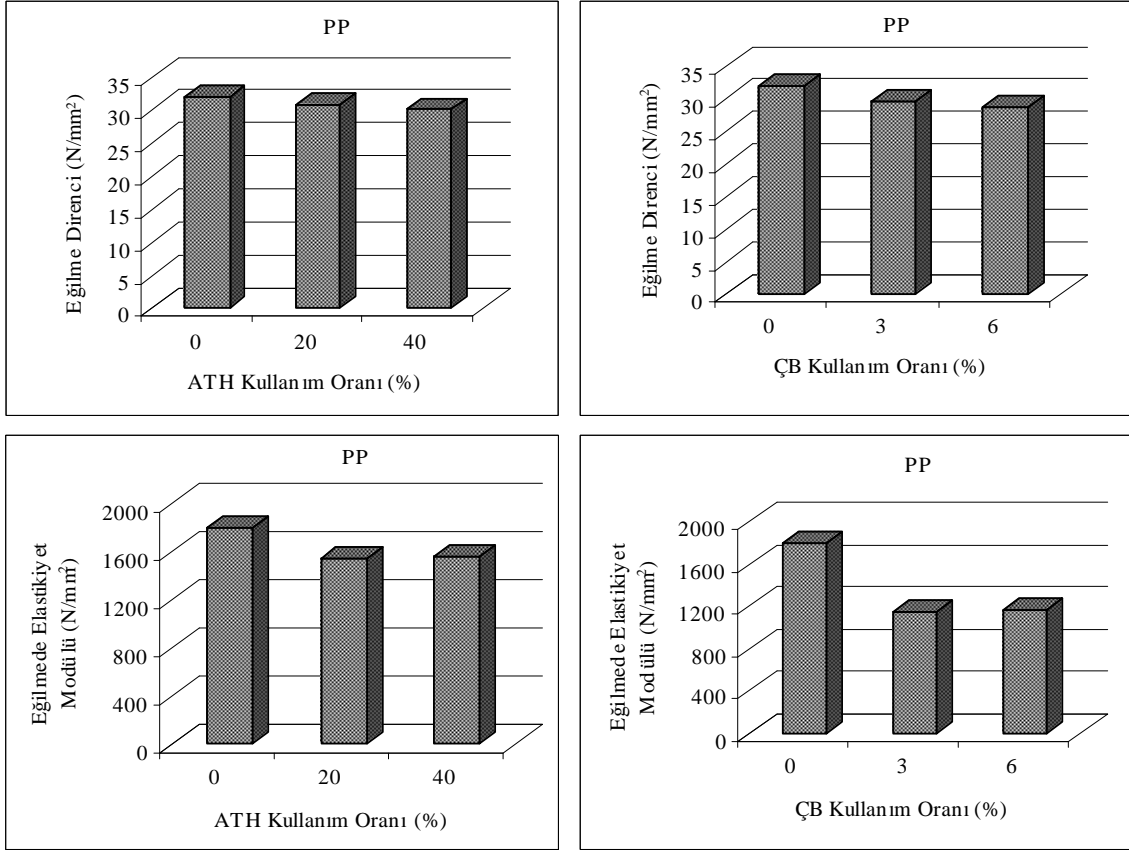


Şekil 72. Çay fabrikası atıkları, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri en düşük 22.54 N/mm², en yüksek 23.88 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 28.81 N/mm², en yüksek 29.17 N/mm² olarak elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri YYPE kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 1134.26 N/mm², en yüksek 1275.59 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 1156.00 N/mm², en yüksek 1568.11 N/mm² olarak elde edilmiştir. Şekil 73 ve Şekil 74'te yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhaların eğilme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 73. MDF zımpara tozu, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri



Şekil 74. MDF zımpara tozu, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların eğilme özellikleri

Şekil 71-74 arasındaki grafiklerde görüldüğü gibi, ATH kullanımının çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerinde istatistiksel açıdan farklılık göstermediği gözlenirken, termoplastik polimer tipine göre farklı etkilerinin olduğu belirlenmiştir. YYPE ile üretilenlerde % 15-17 arasında bir azalma görülürken, PP ile üretilenlerde %14-19 oranlarında bir artış gözlenmiştir. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda ATH kullanımı ile eğilme direnci değerlerinde % 4-6 oranında küçük bir azalma meydana gelmiştir.

Şekil 71-74 arasındaki grafiklerde görüldüğü gibi, ÇB kullanımı her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Çay fabrikası atıkları ile YYPE ile üretilenlerinde %22-30 arasında bir azalma görülürken, PP ile üretilenlerinde yaklaşık %11 oranlarında azalma gözlenmiştir. MDF zımpara tozu ile üretilenler için YYPE ile üretilenlerinde % 3-9 arasında bir azalma görülürken, PP ile üretilenlerinde ise % 9-10 oranlarında azalış gözlenmiştir.

Magnezyum hidroksit, alüminyum trihidrat, çinko borat gibi metal hidroksitlerin yüksek oranlarda polimer matrisi içerisinde kullanılması, üretilen malzemenin direnç özelliklerini ciddi oranda olumsuz yönde etkilediği bir çok çalışmada rapor edilmiştir (Katz ve Milewski, 1978; Yeh v.d. 1995; Yeh v.d., 1998; Tai ve Li, 2001; Ramazani v.d., 2008; Wang v.d., 2010; Goode v.d., 2011; Kurt ve Mengeloğlu, 2011, Kurt v.d., 2011). Song v.d. (2004)'e göre bu azalmanın başlıca nedeninin yüksek oranlarda kullanılan metal hidroksitlerin polimer matrisi içerisinde homojen olarak değil de kümelenme şeklinde dağılım göstermiş olduğu söylenebilir. Yapılan denemelerde özellikle ATH'da ve ÇB'nin kullanımı ile genel olarak levhaların direnç özelliklerinde ciddi bir olumsuz etki görülmemiştir. Zira üretim sırasında kullanılan MAPE ve MAPP'in, ATH ve ÇB'nin yüzeyinde lignoselülozik dolgu maddelerinde olduğu gibi birleştirici ya da yüzey-aktif ajanı şeklinde rol oynayarak direnç özelliklerinde oluşabilecek ciddi azalış engellenmiş olabilir (Yeh v.d. 1998; Kurt v.d., 2011).

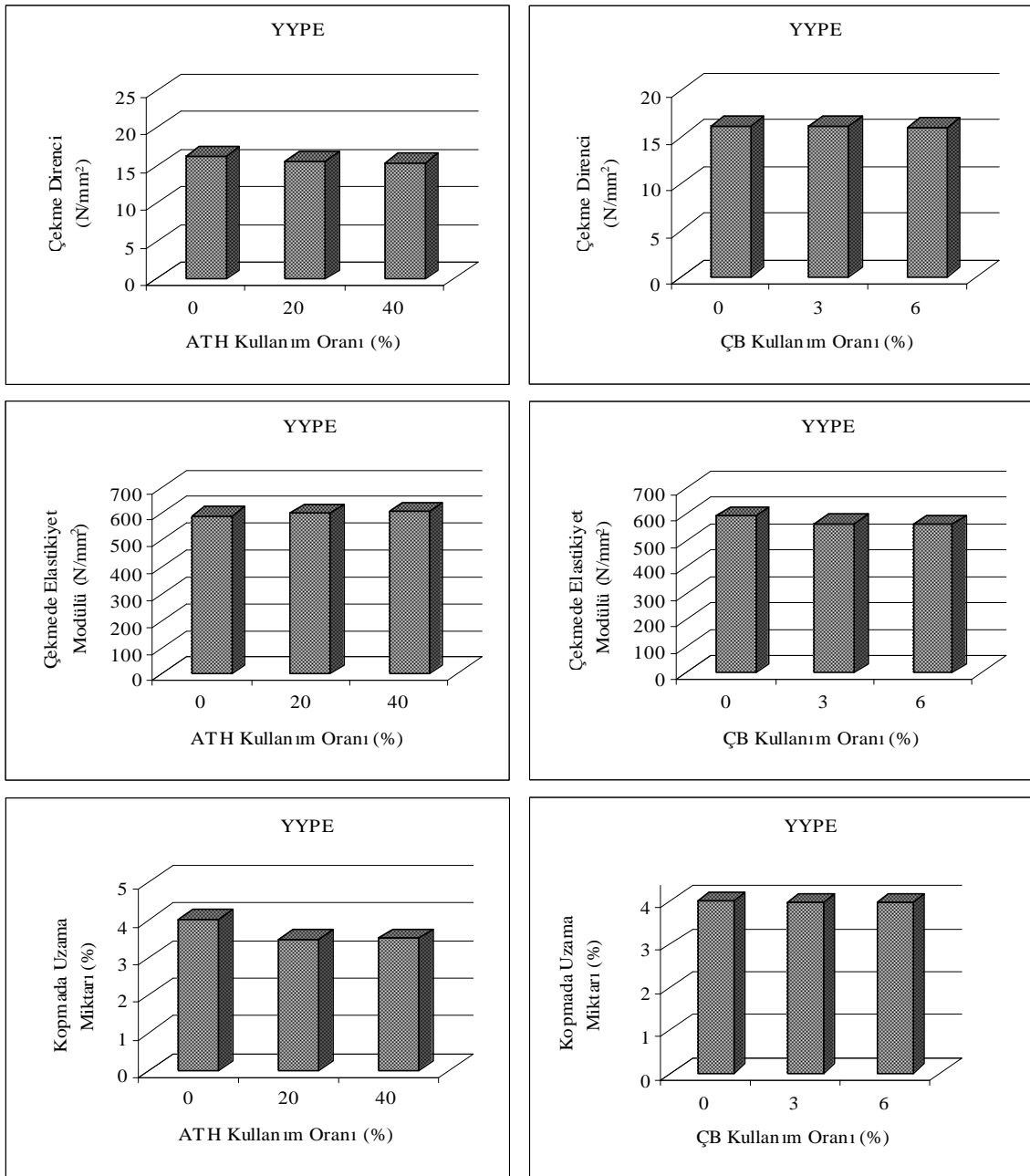
Şekil 71-74 arasındaki grafiklerde görüldüğü gibi, ATH kullanımının levhaların eğilme elastikiyet modülü üzerinde lignoselülozik madde türüne göre farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Çay fabrikası atığı ve YYPE ile üretilen levhalarda yaklaşık % 24 oranında, PP ile üretilenlerde ise yaklaşık % 26-52 oranlarında artış gözlenmiştir. Öte yandan MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar için YYPE ile üretilenlerde ortalama %25 oranında, PP ile üretilenlerde ise ortalama %13 oranlarında azalma gözlenmiştir. ATH kullanımının, levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerindeki bu farklı etkisi MDF zımpara tozunun (>200 mesh), çay fabrikası atıklarından (45 mesh) çok daha küçük boyutta olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca MDF zımpara tozu ile ATH polimer matrisi içerisinde homojen olarak dağılmamış kümeler halinde dağılmış olabilir. Bu nedenle de levhaların belirli yerleri gevrek özellik, bazı yerleri ise elastik özellik sergileyebilir. Sain v.d. (2004) ve arkadaşları çalışmalarında, polimer matrisine testere tozu ve pirinç çeltiği ile çinko borat ve magnezyum hidroksiti çeşitli oranlarda katarak termoplastik kompozitler üretmişlerdir. Bu kompozitlerde pirinç çeltiği ile üretilenlerin mekanik özelliklerinin testere tozu ile üretilenlerden daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir.

Şekil 71-74 arasındaki grafiklerde görüldüğü gibi ÇB kullanımı her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Çay fabrikası atıkları ve YYPE ile üretilenlerde %33 oranında, PP ile üretilenlerde ise %41 oranında azalma gözlenmiştir. MDF zımpara tozu kullanımında, YYPE ile üretilenlerde %33, PP ile üretilenlerde ise %35 oranlarında azalma gözlenmiştir.

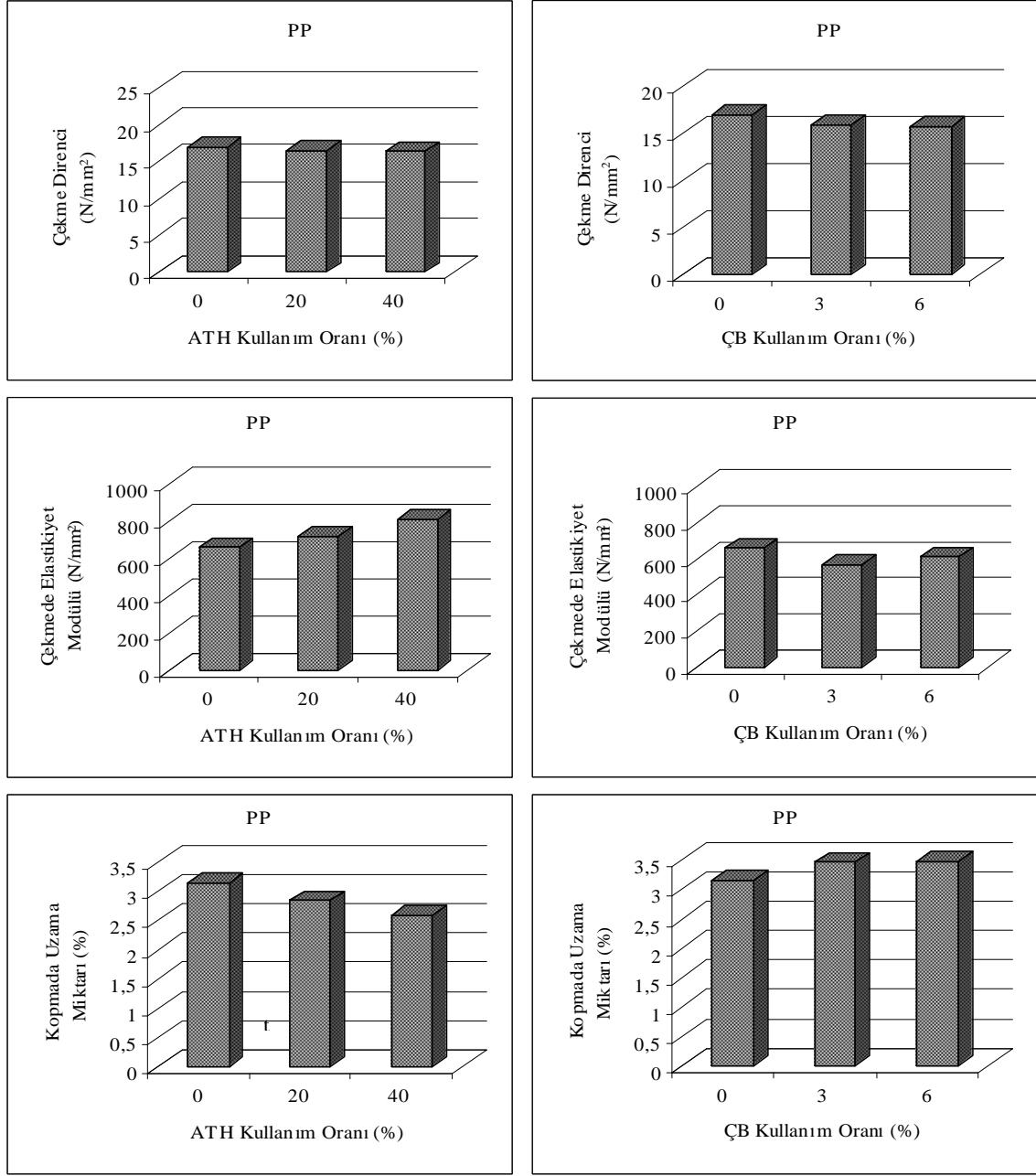
Çinko borat ATH'a göre elastikiyet modülü üzerinde olumsuz etki yaratmıştır. Bunun nedeni ATH'a oranla %3 ve %6 gibi küçük oranlarda kullanılmış olması ve çinko boratın yapısı gereği polimer matrisinin içerisinde homojen olarak dağılımının zor olduğundan polimer matrisi içerisinde zayıf bağlanma gerçekleşmiş olması olabilir. Li v.d. (2010) çinko boratın kullanımı sırasındaki bu sıkıntıyı ortadan kaldırmak için, modifiye ajanı olarak oleyik asit ile çinko oksit (ZnO) ve borik asit (H₃BO₃) katı-sıvı reaksiyonuna sokularak hidrofobik nano parçacıklı çinko borat (2ZnO.3B₂O₃.3.5H₂O) elde etmiş ve ticari çinko borat ile etkilerini karşılaştırmıştır. Hidrofobik çinko boratın, ticari çinko boratın aksine polietilen içerisinde mükemmel bir biçimde dağıldığını ve böylelikle mekanik özelliklerdeki düşüşünde engelleneceği görüşünü belirtmiştir.

4.3.2.2. Çekme Özellikleri

YYPE kullanılarak, çay fabrikası atıkları, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri en düşük 15.42 N/mm², en yüksek 16.19 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 15.70 N/mm², en yüksek 16.53 N/mm² olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile üretilen levhalarda en düşük 543.16 N/mm², en yüksek 614.94 N/mm², PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 552.17 N/mm², en yüksek 838.16 N/mm² olarak elde edilmiştir. Kopmada uzama miktarı değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük % 3.47, en yüksek %4.18, PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük %2.60, en yüksek %3.75 olarak elde edilmiştir. Şekil 75 ve Şekil 76'da yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhalarının çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



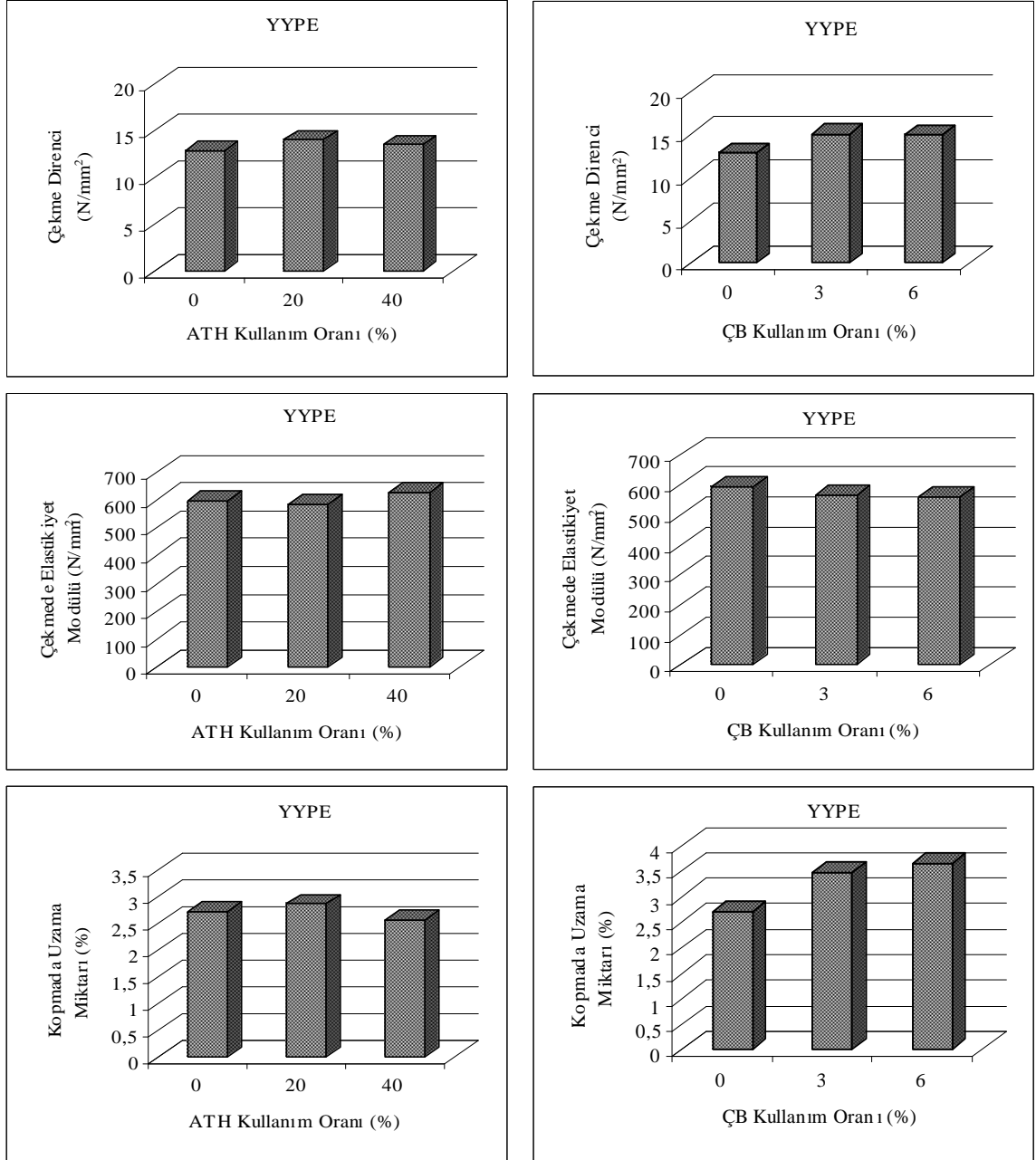
Şekil 75. Çay fabrikası atıkları, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri



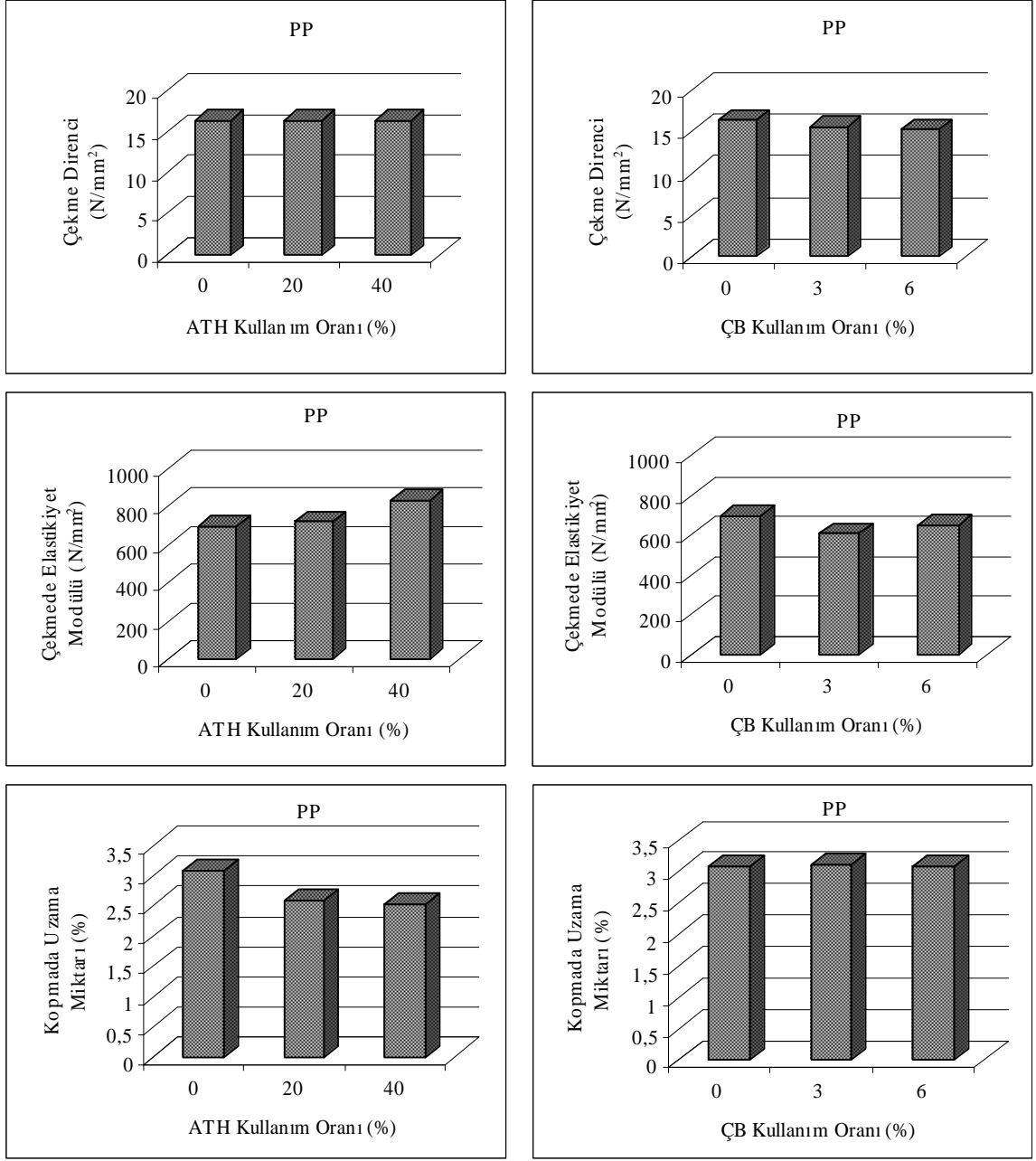
Şekil 76. Çay fabrikası atıkları, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri

YYPE kullanılarak, MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri en düşük 13.48 N/mm^2 , en yüksek 15.01 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 15.22 N/mm^2 , en yüksek 16.43 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerleri YYPE ile üretilen levhalarda en düşük 586.25 N/mm^2 , en yüksek 627.67 N/mm^2 , PP kullanılarak üretilen levhalarda ise en düşük 607.47 N/mm^2 , en yüksek 831.78 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.

Kopmada uzama miktarı değerleri YYPE ile yapılan üretimlerde en düşük % 2.57, en yüksek %3.09, PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük %2.51, en yüksek %3.11 olarak elde edilmiştir. Şekil 77 ve Şekil 78'de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının çekme özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 77. MDF zımpara tozu, YYPE, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri



Şekil 78. MDF zımpara tozu, PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çekme özellikleri

Şekil 75-78 arasında görüldüğü gibi, ATH kullanımı çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci değerlerinde istatistiksel açıdan olumlu ya da olumsuz bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Eğer yük polimer matristen dolgu maddesine tamamen transfer edilebilirse çekme direnci artar. Çekme direnci dolgu maddesinin yapısı ve polimer matrise bağlı olarak değişebilmektedir (Ramazani v.d., 2008). Literatürde organik dolgu maddelerinin polimer matrisinde kullanılması durumunda

çekme direncinde azalmaya neden olduğu yer almaktadır (Yeh v.d., 1995; Chiu ve Wang, 1998; Ramazani v.d., 2008; Hornsby, 2010). Ramazani v.d.(2008)'e göre bunun muhtemel nedeni; ATH ve ÇB gibi organik dolgu maddelerinin yüzeyleri ile polimer matrisi arasında kırılğan bir tabaka oluşturmalarından ve polimer matrisi ile aralarındaki yapısal uyumsuzluktan dolayı çekme direncinin azalması olabilir. ATH kullanımının çekme direncinde olumsuz bir etki yapmaması, kullanılan birleştiricinin (MAPE ve MAPP) pozitif etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Goode v.d. (2011) çalışmalarında, yangın geciktiricilerin birleştiriciler ile birlikte kullanılması halinde malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinde beklenen olumsuz etkinin gerçekleşmediği, hatta bazı brom esaslı yangın geciktirici maddelerde olumlu etkiye neden olduğunu belirtmektedirler.

Çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ATH kullanım oranı arttıkça her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalarda da bir iyileşme meydana gelmiştir. ÇVA-Duncan testi sonuçlarında da farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır. %40 oranında ATH kullanıldığında; çay fabrikası atıkları ve YYPE ile üretilen levhalarda yaklaşık %4, PP ile üretilenlerde ise yaklaşık %27'lik bir artış gözlenmiştir. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda YYPE ile üretilenlerde yaklaşık %5, PP ile üretilenlerde ise yaklaşık %20'lik bir artış gözlenmiştir. ATH'ın %20 ve %40 gibi yüksek miktarlarda kullanımı termoplastik polimer matrisi içerisindeki dolgu oranını arttırmıştır. Dolgu oranının artmasına paralel olarak üretilen malzemede süneklik azalmakta ve malzemeler daha rijit hale gelmektedir (Abu Bakar v.d., 2010).

Kopmada uzama miktarı değerlerinde ATH kullanım oranı arttıkça her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalarda azalma meydana gelmiştir. ÇVA-Duncan testi sonuçlarında da farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır. Rijitlik arttıkça kopmada uzama miktarı azalmaktadır. Polimer matrisin içine lignoselülozik madde ve ATH'ın katılmasıyla plastik malzemenin kopma tipi süneklikten gevrekliğe dönüşmektedir. Yapılan bazı araştırmalarda dolgu maddelerinin kullanılması durumunda polimer matrisi ile dolgu maddesi arasında katı ara fazın biçim değiştirebilme özelliğinin azalmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanmaktadır (Zaini v.d. 1996; Abu Bakar v.d., 2007; Abu Bakar v.d., 2010). Örneğin Abu Bakar v.d. (2010) odun unu dolgulu PP termoplastik levhalarda yangın geciktiricilerin levhanın yanma ve mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçta odun unu ve yangın geciktirici madde kullanım oranı arttıkça kopmada uzama miktarı değerlerinde azalma gözlemlendiği belirtilmiştir.

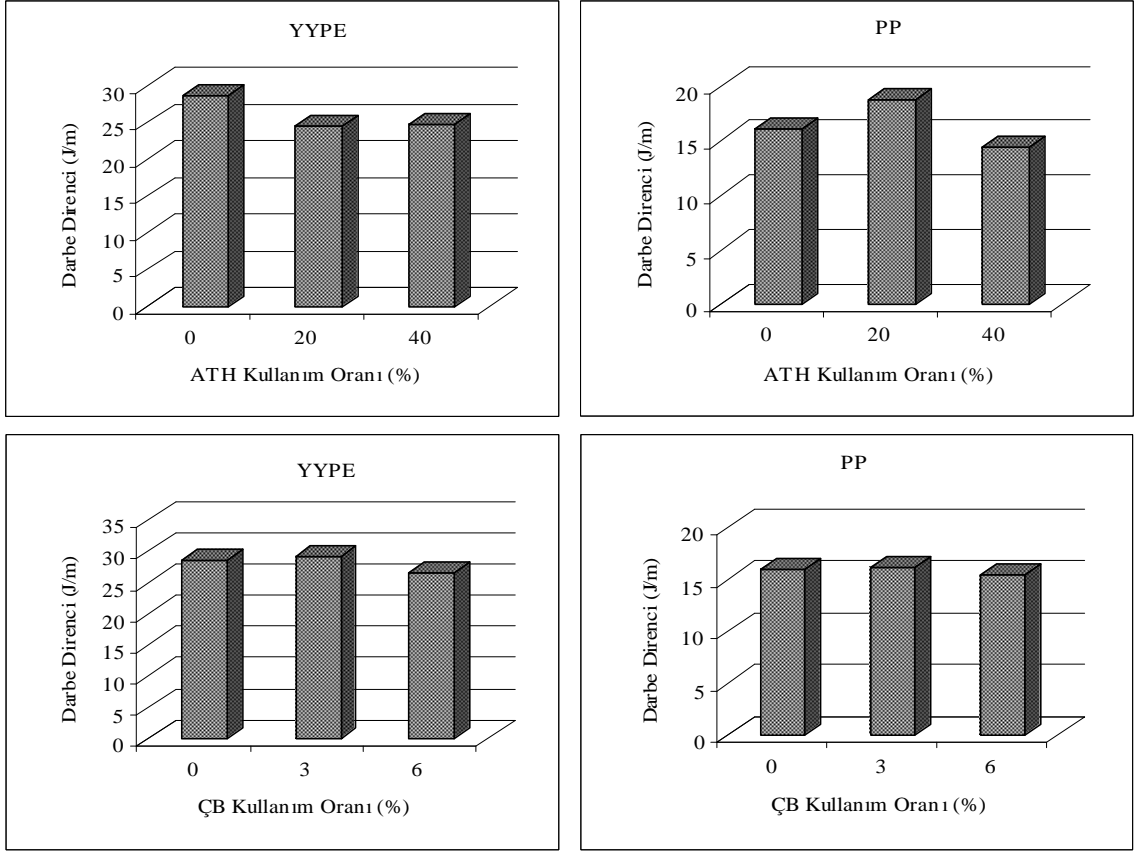
Şekil 75-78’de arasında görüldüğü gibi ÇB kullanımını çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci değerlerinde ise herhangi bir etki yapmadığı görülmektedir.

Levhaların çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ÇB kullanımının her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalar için benzer şekilde azalma gözlenmiştir. ÇVA-Duncan testi sonuçlarında da farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır. YYPE ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü üzerinde ortalama % 2-5 oranında, PP ile üretilen levhalarda ise ortalama % 13-14 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

Her iki lignoselülozik madde için ÇB kullanımını levhaların kopmada uzama miktarı değerleri üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki yapmadığı görülmektedir. İstatistiksel olarak ÇB kullanımının kopmada uzama miktarı değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye neden olmadığı bulunmuştur.

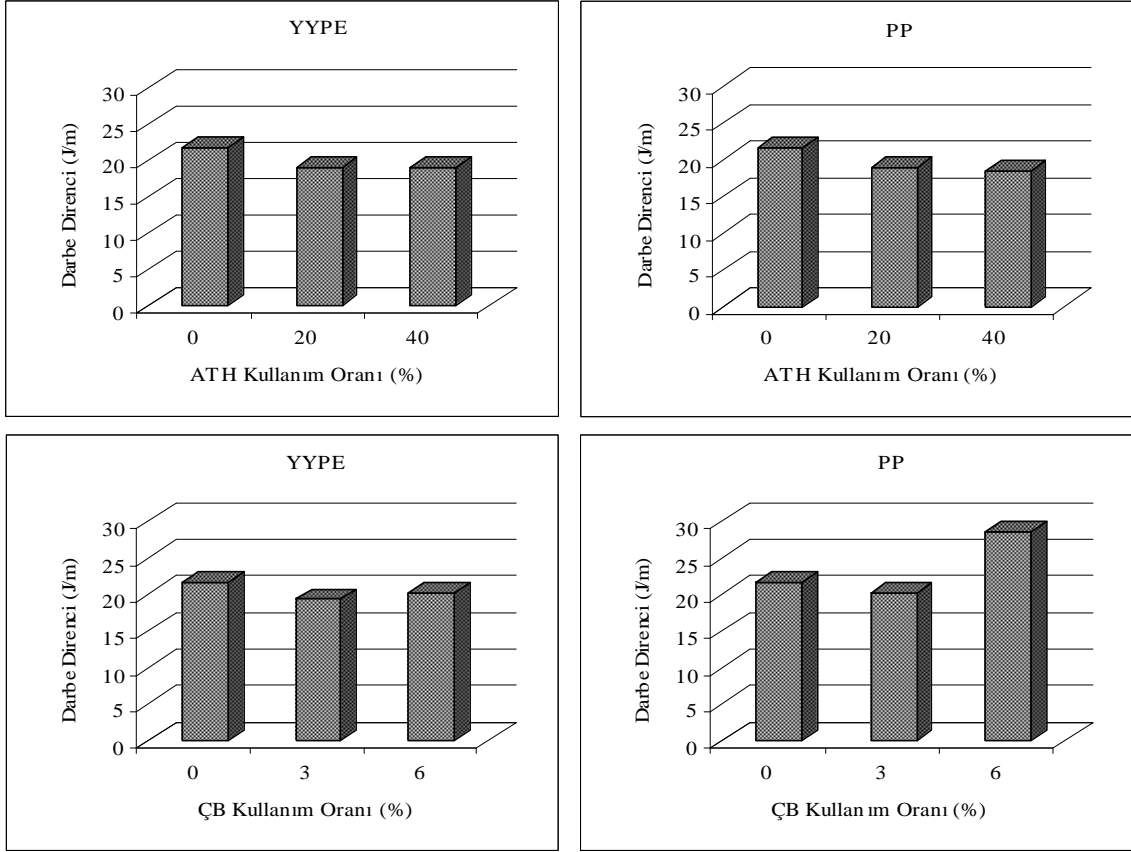
4.3.2.3. Darbe Direnci

YYPE kullanılarak çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri en düşük 24.43 J/m, en yüksek 29.05 J/m, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük 14.26 J/m, en yüksek 18.63 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 79’da yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhalarının darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 79. Çay fabrikası atıkları, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

YYPE kullanılarak, MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri en düşük 19.02 J/m, en yüksek 20.25 J/m, PP kullanılarak üretilen levhalarda en düşük 18.46 J/m, en yüksek 28.53 J/m olarak elde edilmiştir. Şekil 80’de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu kullanılarak üretilen levhalarının darbe direnci üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 80. MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ile ATH ve ÇB ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

Şekil 79 ve Şekil 80'de görüldüğü gibi ATH kullanımını her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların darbe direnci değerlerinde küçük oranlarda azalmaya neden olmuştur. %40 oranında ATH kullanılarak YYPE ile üretilenlerde ortalama % 14 (ÇFA) ve %12 (MDFZT), PP ile üretilenler de ise ortalama % 9 (ÇFA) ve %11 (MDFZT) oranlarında bir azalma meydana gelmiştir. ÇB kullanımı çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların darbe direnci değerlerinde herhangi olumlu ya da olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. ÇVA sonuçlarında da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak % 6 oranında ÇB kullanımı MDF zımpara tozu ve PP ile üretilen levhaların darbe direnci değerlerinde % 41'lik bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak polimer matrisi içerisinde dolgu oranının artmasıyla kırılma direnci arttığı için darbe direnci azalmaktadır (Dvira v.d., 2003; Suppakarn ve Jarukumjorn, 2009). Bu çalışmada hem ATH hem de çinko borat kullanımının levhanın darbe direnci üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmamıştır. Sain v.d. (2004) ve Jeencham v.d. (2009)

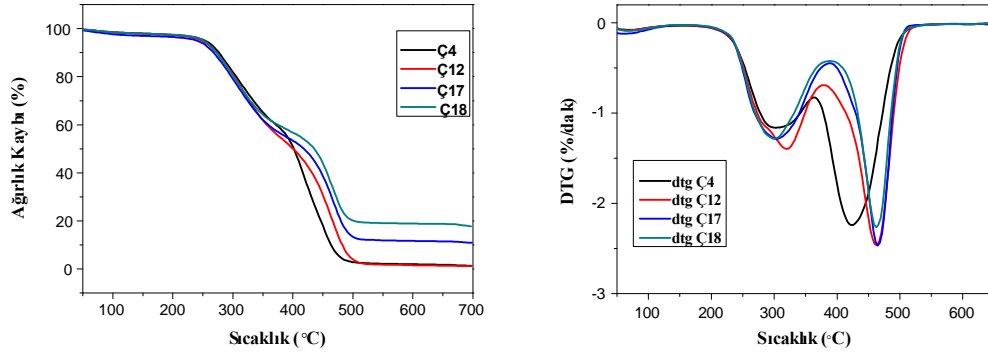
çalışmalarında polimer kompozitlerde yangın geciktiricilerin kullanımının malzemenin darbe direnci değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Bu durumun yanı sıra çinko borat kullanımını MDF zımpara tozu ve polipropilen ile üretilen levhaların darbe direnci değerlerinde ciddi bir artışa neden olmuştur. Dolgu maddesi boyutları ve şeklinin darbe direnci değerlerinde etkili olduğu bazı kaynaklarda da belirtilmektedir (Riley v.d., 1990; Mareri v.d., 1998; Suppakarn ve Jarukumjorn, 2009; Abu Bakar v.d., 2010). Küçük boyutlu dolgu maddeleri darbe direnci değerlerini olumlu yönde etkilemektedir (Riley v.d., 1990; Da Silva v.d., 2002). Çinko borat/PP/MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların darbe direnci, çinko borat/PP/çay fabrikası atığı ile üretilenlere göre daha yüksek darbe direncine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum MDF zımpara tozunun çay fabrikası atığına göre çok daha küçük boyutta olmasından kaynaklanıyor olabilir (Riley v.d., 1990; Da Silva v.d., 2002).

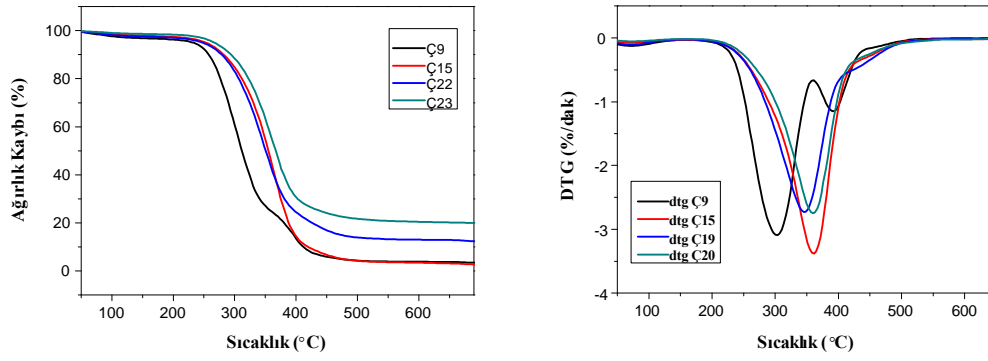
4.3.3. Isıl Özellikler

4.3.3.1. Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Türev Termogravimetrik Analiz (DTG)

YYPE kullanılarak, çay fabrikası atıkları, birleştirici ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhalarda TGA analizi sonucu 500 °C sıcaklıktaki ortalama kalıntı miktarı en düşük % 8.6 , en yüksek %20.2, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük % 6.3 , en yüksek % 21.6 olarak elde edilmiştir. Şekil 81 ve Şekil 82’de yangın geciktirici maddelerin kullanım oranlarına göre çay atıkları ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri gösterilmektedir.

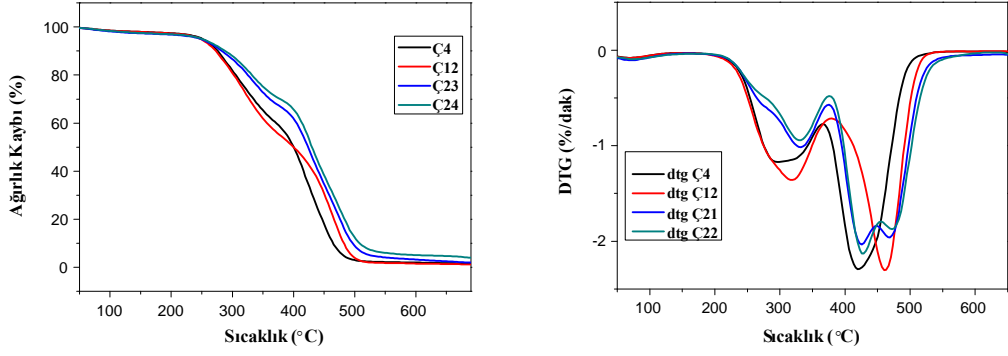


(a)

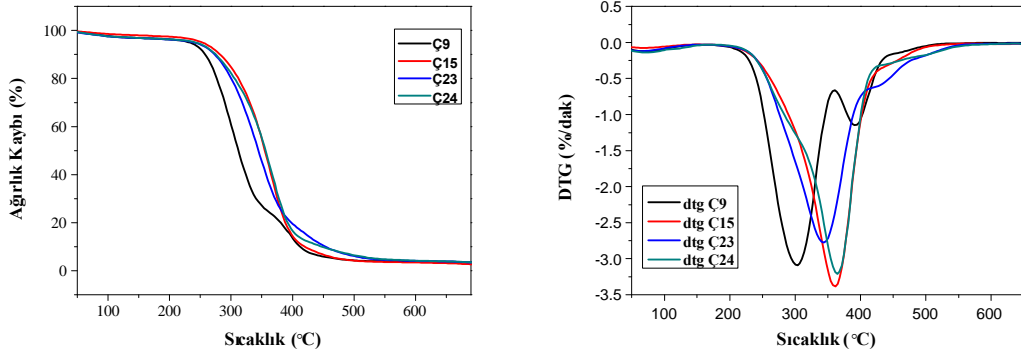


(b)

Şekil 81. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimeri, çay fabrikası atıkları, birleştirici ve ATH ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri,



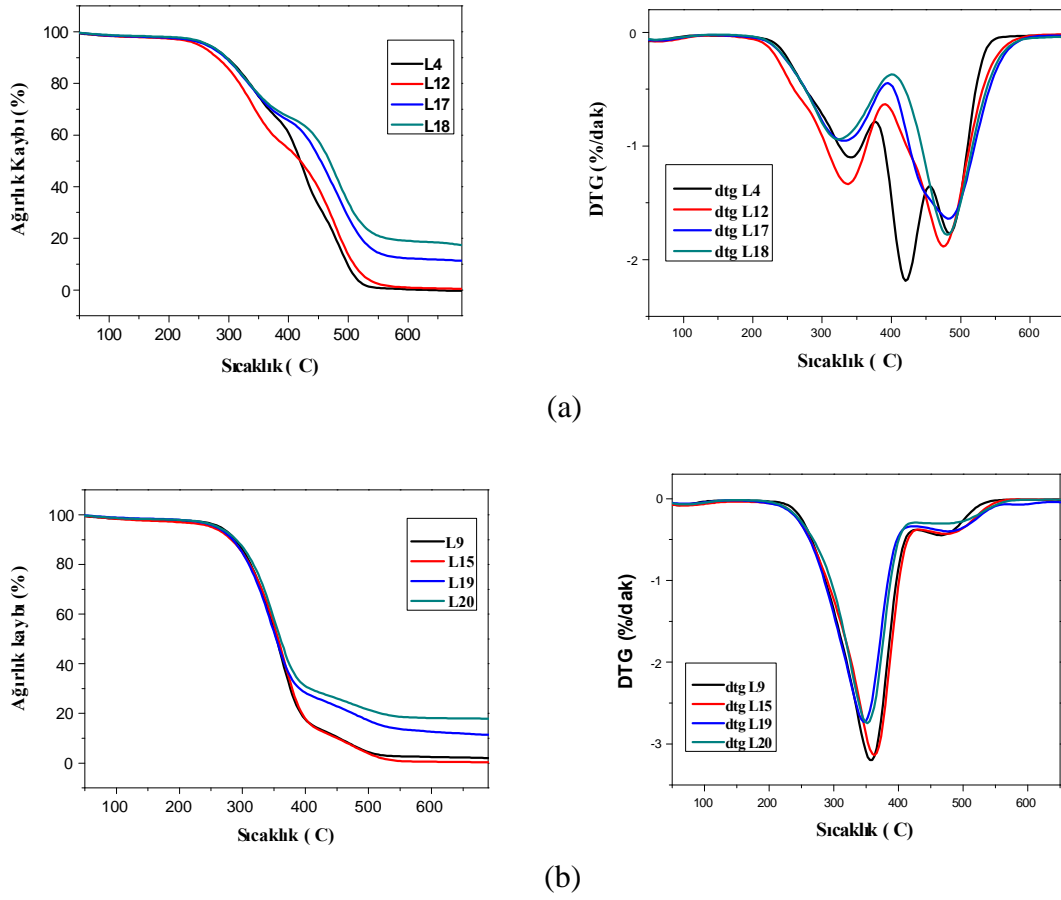
(a)



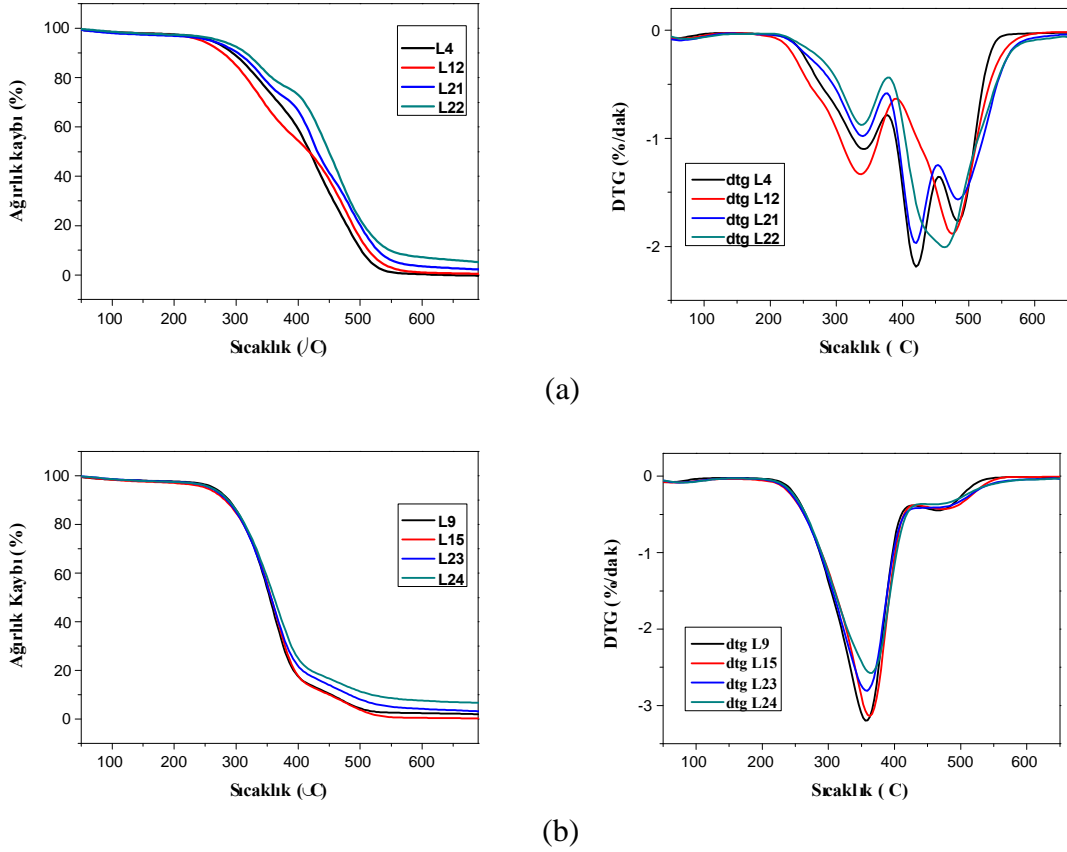
(b)

Şekil 82. (a) YYPE, (b) PP termoplastik polimeri çay fabrikası atıkları, birleştirici ve ÇB ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri

YYPE kullanılarak MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhalarda TGA analizi sonucu 500 °C sıcaklıktaki ortalama kalıntı miktarı en düşük % 18.6, en yüksek %33.2, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük % 8.0, en yüksek %21.3 olarak elde edilmiştir. Şekil 83 ve Şekil 84’de yangın geciktirici kullanım oranlarına göre MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 83. MDF zımpara atıkları, termoplastik polimer ((a) YYPE ve (b) PP), birleştirici ve ATH ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri



Şekil 84. MDF zımpara tozu, termoplastik polimer ((a) YYPE ve (b) PP), birleştirici ve ÇB ile üretilen levhaların TG ve DTG eğrileri

%40 oranında çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozundan YYPE ve PP ile üretilen (Ç4,Ç9 ve L4,L9) levhaların bozunma sıcaklıkları; çay atıkları ile üretilenler için 256.9-261.4 °C aralığında iken MDF zımpara tozu ile üretilenlerde 287.6-305.8 °C aralığında belirlenmiştir. 500 °C sıcaklıktaki ortalama kalıntı miktarları çay atıkları ile üretilenler için %2.8-4.2 arasında iken MDF zımpara tozu ile üretilenlerde %4.2-9.2 arasında bulunmuştur.

Saf çay fabrikası atığının TGA analizi sonucunda elde edilen TG ve DTG eğrilerinde, bozunma sıcaklığı 198 °C civarında olup bozunmanın maksimum olduğu ana pik 303 °C'de görülmüştür. Saf YYPE ve PP için yapılan TGA analizi sonucunda elde edilen TG ve DTG eğrilerinde, YYPE'nin bozunma sıcaklığı 360 °C, PP'nin ise 255 °C sıcaklık civarında olduğu belirtilmiştir (Dönmez Çavdar v.d., 2011). Saf MDF zımpara tozunun TGA analizi sonucunda elde edilen TG eğrilerinde, bozunma sıcaklığının 220 °C civarında olduğu ve yaklaşık 330 °C sıcaklıklarda bozunmanın maksimum olduğu ana pik

görülmüştür (Dönmez Çavdar v.d., 2010). Çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu lignoselülozik materyallerdir. Bilindiği gibi hemiselülozlar 150-350 °C sıcaklık aralığında, selülozlar 248-350 °C sıcaklık aralığında ve lignin ise 200-700 °C sıcaklık aralığında bozunmaktadırlar (Uzun v.d., 2010).

Polimer matrisi içerisinde odun veya odunsu materyal oranının artmasıyla bozunma saf polimere göre daha düşük sıcaklıklarda başlar. Levhalarda yüksek sıcaklıklarda odunun ısıl bozunmaya başlamasıyla oluşan serbest radikaller ısıl bozunumu hızlandırır ve polimerin daha düşük sıcaklıklarda bozunmasına neden olurlar (Kiran ve Gillham, 1976; Amen-Chen v.d., 2001; Li ve He, 2004; Dönmez Çavdar v.d., 2010). Lineer alçak yoğunluklu polietilen (LAYPE)'den üretilen levhalarda; 420 °C sıcaklıkta odunda bulunan karbon makromoleküller parçalanarak serbest radikaller oluşabilmektedir (Amen-Chen v.d., 2001). Li ve He (2004)'e göre bu serbest radikaller polimer zincirinde bulunan hidrojenlere hücum ederek yeni uzun serbest radikal zincirine dönüşebilir ve bu yeni serbest radikaller uçucu hale gelebilirler. Saf LAYPE 450-530 °C sıcaklık arasında serbest radikallere dönüşürken, odun-LAYPE kompozitleri 450 °C üzerinde serbest radikallere dönüşürler. Bu yüzden levhalar bulundurdukları odun sayesinde saf polimerden daha düşük sıcaklıklarda ısıl bozunmaya uğrayabilirler. Bunun yanı sıra polimer matrisi içerisinde odun veya lignoselülozik madde dolgu oranının artması ısıl bozunma sonunda kalıntı miktarının da arttığı bir çok çalışmada rapor edilmiştir (Yang v.d., 2005; Mengeloğlu ve Kabakçı, 2008; Kaboorani, 2010).

%3 oranında MAPE ve MAPP, % 40 oranında çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ve YYPE ve PP ile üretilen (Ç12,Ç15 ve L12,L15) levhaların bozunma sıcaklıkları; çay fabrikası atığı ile üretilenler için 264.8-292.2 °C, MDF zımpara tozu ile üretilenler de 282.6-290 °C aralığında belirlenmiştir. 500 °C sıcaklıktaki ortalama kalıntı miktarları çay atıkları ile üretilenler için % 4.25-4.5 arasında iken MDF zımpara tozu ile üretilenlerde % 4.25-13.5 arasında bulunmuştur. MAPE ve MAPP çay fabrikası ile üretilen levhalarda bozunma sıcaklığı yükselmiş, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda da bozunma sıcaklığının düştüğü tespit edilmiştir. Ancak kalıntı miktarlarına bakıldığında MAPE'nin kalıntı miktarını arttırdığı MAPP'nin ise ciddi anlamda bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

MAPE ve MAPP'nin levhalarda ısıl kararlılık üzerinde farklı görüşler bulunmaktadır. Tajvidi ve Takemura (2010) birleştirici kullanımının ısıl kararlılığı arttırdığı belirtmişlerdir. Sailaja (2006)'a göre ise levhada kullanılan odun oranına göre farklılık

gösterdiğini belirtmiştir. Elde ettikleri sonuçlarda %20 odun kullanım oranı ile birleştiricinin ısı kararlılık üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, %40 ve üzeri kullanımlarda ısı kararlılığın arttığı rapor edilmiştir. Li ve He (2004) tarafından yapılan çalışmada, LAYPE ile üretilen levhaların MAPE'nin etkisiyle kontrol örneklerinden daha düşük ısı bozunma sıcaklığına sahip olduğu rapor edilmiştir. Salemane ve Luyt (2006) çalışmalarında, MAPP'nin polipropilenden daha düşük sıcaklıklarda bozunmaya başladığı ve dolayısıyla daha düşük ısı kararlılığına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı zamanda odun oranının artmasıyla kompozitlerin ısı kararlılığın da arttığı belirtilmiştir. Maged (2003) ve Tajan v.d. (2008)'e göre ise maleik anhidrit odundaki rutubetin etkisiyle maleik asite dönüşebilir ve maleik asit ise kompozitin bozunumunu tetikleyebilir.

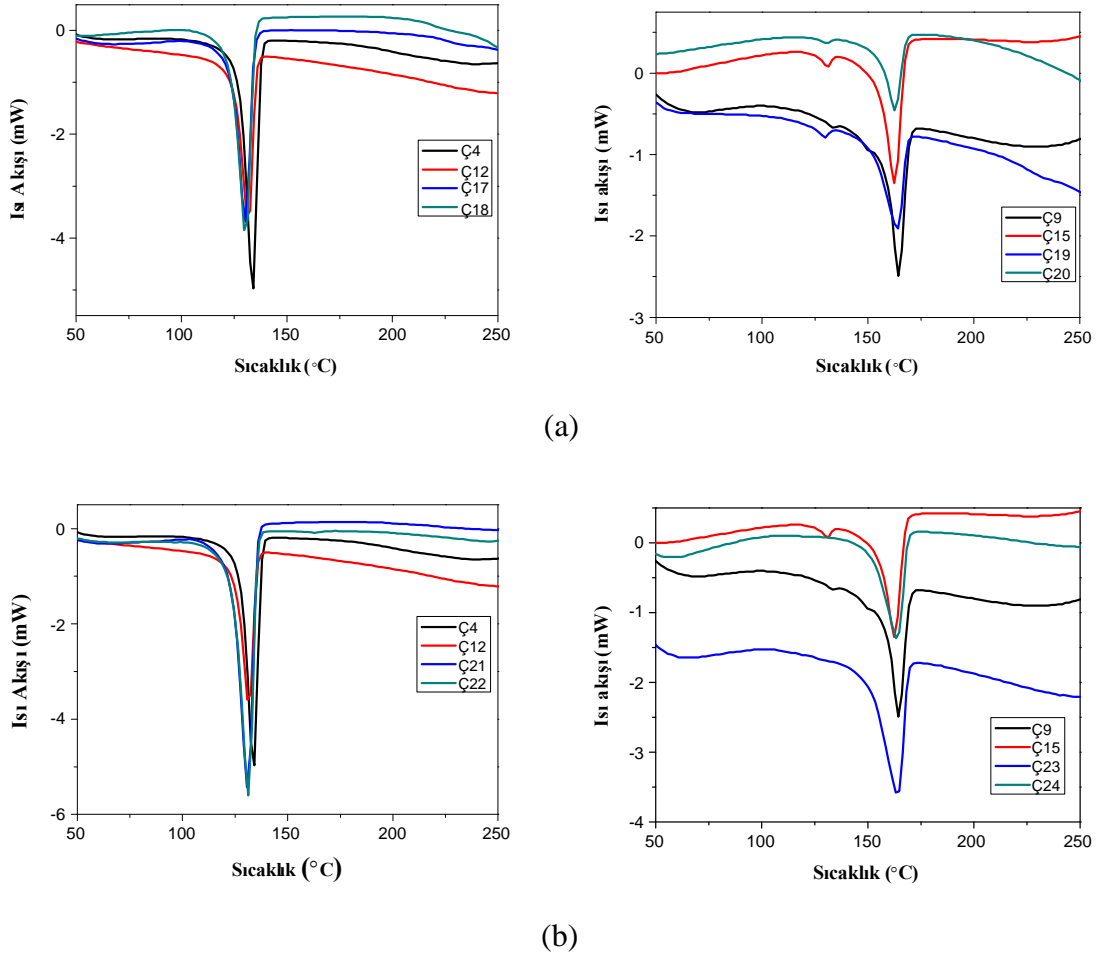
ATH ve ÇB kullanımının her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların ısı kararlılığını iyileştirdiği görülmektedir. TG ve DTG eğrileri kontrol örneklerine göre benzer pikler vermişlerdir. Levhaların bozunma sıcaklık derecelerinde ve ısı bozunma sonunda kalıntı miktarlarında artış görülmektedir. Aynı zamanda DTG piklerinin uzunluklarında azalma yani ısı bozunma sırasında oluşan ağırlık kaybı hızında da yavaşlama olduğu görülmektedir. Metal hidroksitler ve boratlar ile ısı bozunma sonunda kalıntı kömür miktarının arttığı bilinmektedir (Choi v.d., 2009; Chen v.d., 2006; Doğan v.d., 2010); Metal hidroksitlerin ısı bozunması ile oksit ve su oluşur. Bu endotermik proses polimer yüzeyini soğutur ve kömürleşmeyi artırır (Hilado, 1998; Jang ve Lee; 2001; Kong v.d., 2008; Li v.d., 2010). 500 °C de kalıntı kömür (residue char) miktarları MDF zımpara tozu ile üretilen levha tiplerinde kontrol örneklerine göre %4.25-13.5 aralığından %16.9-33.2 aralığına yükselmiştir. Çinko borat kullanımında da kalıntı kömür miktarı MDF zımpara tozu ile üretilen levha tiplerinde kontrol örneklerine göre %4.25-13.5 aralığından % 8-21.5 aralığına yükselme gözlenmiştir. En yüksek kalıntı kömür miktarları %40 oranında ATH kullanılarak üretilen levha tiplerinde bulunmuştur.

MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların ısı kararlılığı ve ısı bozunma sonrası kalıntı miktarı çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalardan daha iyi sonuç vermiştir. Çünkü çay fabrikası atıkları MDF zımpara tozuna göre daha düşük ısı bozunma sıcaklığına sahiptir. Sonuçta MDF zımpara tozu MDF levhalarının üst tabakalarının zımparalanması sonucu oluşan bir atıktır. Liflevhalarda üst tabakalar tutkal oranının en yüksek olduğu yerlerdir. Bu çalışmada kullanılan MDF levhalarında melamin üre formaldehit kullanılmıştır. Melaminin yangın geciktirici özelliği olduğu bilinmektedir (Weil ve Zhu, 1995; Shimasaki v.d., 1997; Camino ve Delobel, 2000; Balabanovich, 2004;

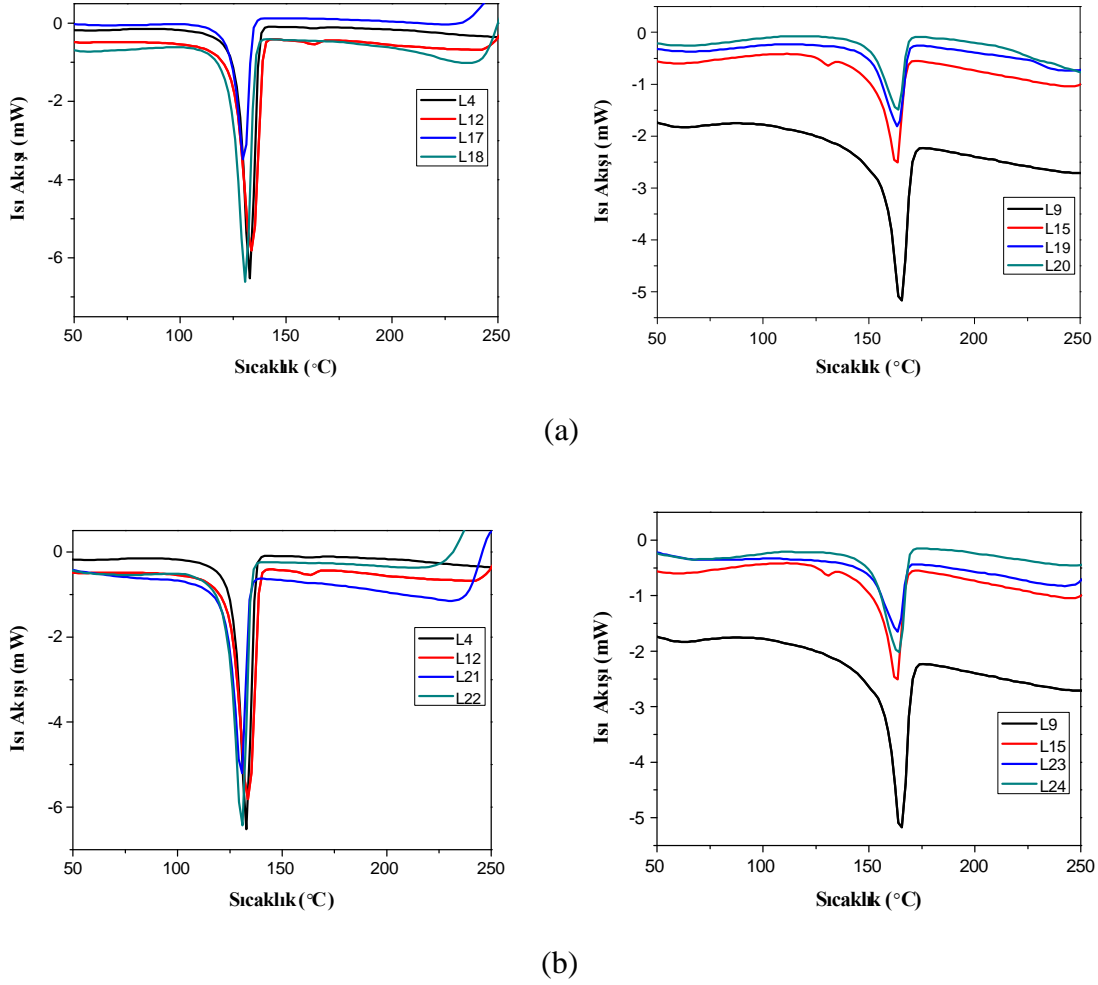
Hornsby, 2007). Bu yüzden MDF zımpara tozunun ısı kararlılığı çay fabrikası atıklarınıninkinden daha yüksek çıkmış olabilir.

4.3.3.2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiricilerle üretilen levhaların diferansiyel taramalı kalorimetre eğrileri Şekil 85 ve Şekil 86'da verilmiştir. Levhaların erime noktaları YYPE ile üretilenlerde 130-134 °C aralığında, PP ile üretilenlerde ise 163-165 °C aralığında bulunmuştur.



Şekil 85. Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların DSC eğrileri, (a) ATH, (b) ÇB



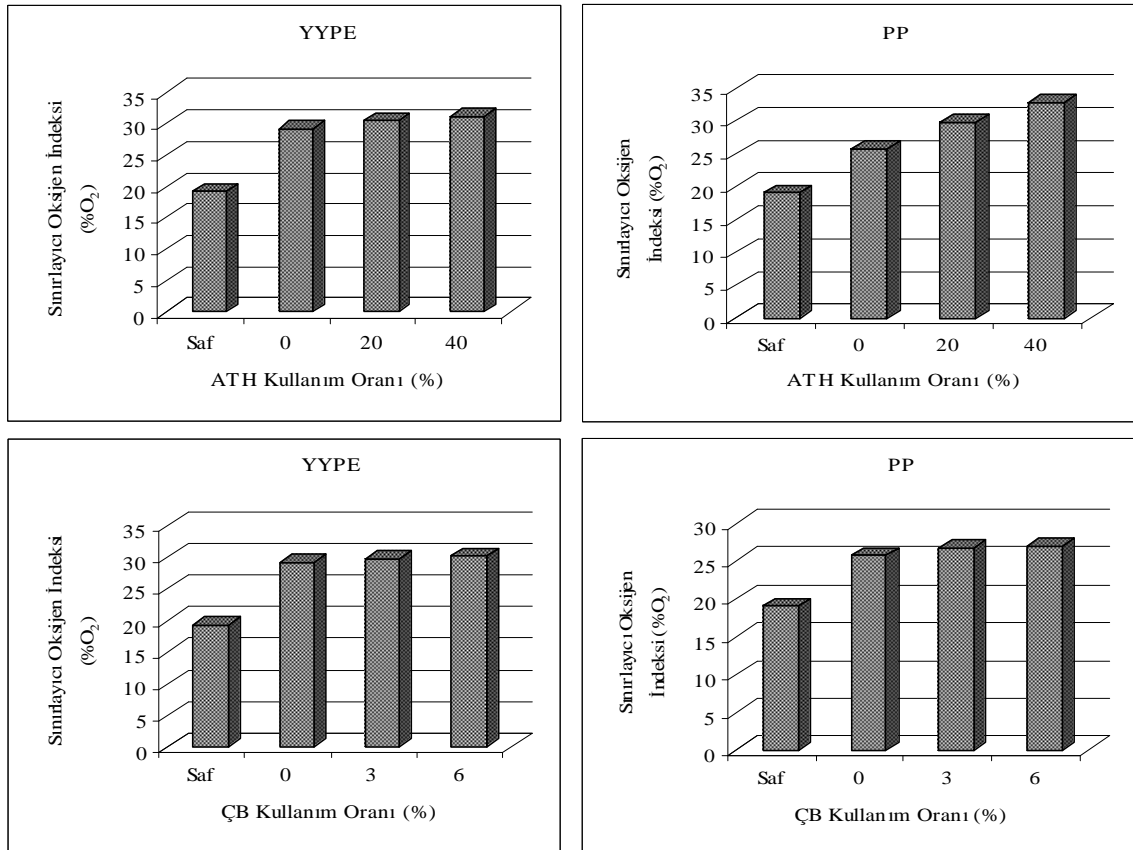
Şekil 86. MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların DSC eğrileri, (a) ATH, (b) ÇB

DSC analitik bir tekniktir ve malzemenin erime noktası belirlenebilmektedir. Belirli bir atmosfer ve sıcaklık programı altında test örneğinden ya da test örneğine olan ısı akışını ölçmektedir (Salamon ve Fielder, 2003). DSC sonuçlarında üretilen levhalarda erime noktası üzerinde lignoselülozik madde, birleştirici ve yangın geciktiricilerin ciddi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Analiz sonucunda YYPE ve PP ye ait tek bir erime eğrisi piki elde edilmiştir. Mengeloğlu ve Karakuş (2008) tarafından yapılan çalışmada buğday sapı unu kullanılarak üretilen levhalara ait DSC eğrilerinde buğday sapı unu kullanımının kompozitin erime sıcaklığı üzerinde ciddi bir etkisinin olmadığı erime sıcaklığının termoplastik polimer tipine göre (YYPE için 129 °C, PP için ise 163°C) farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Levha üretimi sırasında ekstrüzyon sıcaklığının malzemenin erime sıcaklığının üstünde olması ve lignoselülozik materyalin bozunumunu önlemek için üretim

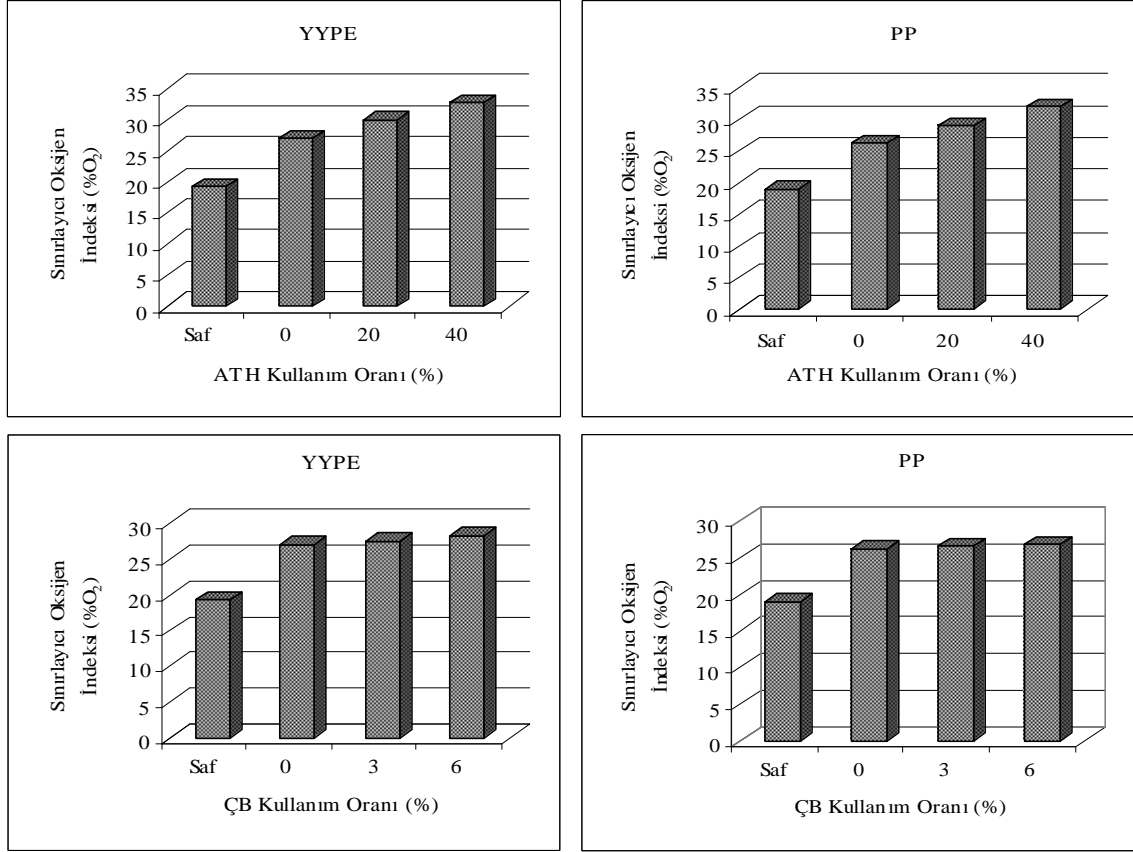
prosesinde uygulanan sıcaklığın 220 °C'nin üstünde olmaması gerekmektedir (Mengelolu ve Karakus, 2008; Mengelolu ve Kabakci, 2008).

4.3.4. Sınırlandırıcı Oksijen İndeks

Sınırlandırıcı oksijen indeks (LOI) değerleri malzemenin yanabilirliği hakkında bilgi vermektedir. Oksijen indeksi bir plastiğin yanma sırasında alev kaynağı olamadan yanmaya devam etmesi için havada bulunması gereken minimum oksijen miktarını göstermektedir. Normal şartlarda havada %21 oranında oksijen bulunmaktadır. Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu, YYPE ve PP, birleştirici ve yangın geciktiricilerle üretilen levhaların sınırlandırıcı oksijen indeks değerleri Şekil 87 ve Şekil 88'de verilmiştir.



Şekil 87. Çay fabrikası atığı, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların LOI değerleri



Şekil 88. MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların LOI değerleri

Şekil 87 ve Şekil 88’de görüldüğü gibi ATH ve çinko borat kullanımı levhaların LOI değerlerini arttırmıştır. En yüksek LOI değeri %40 oranında ATH kullanılarak üretilen levha tiplerinde elde edilmiştir. Yangın geciktirici özelliğe sahip bir malzemenin yanması için yüksek konsantrasyonda oksijene ihtiyaç vardır (Sain v.d., 2004). Bir başka deyişle malzemenin LOI değeri ne kadar yüksekse malzemenin yangın geciktirici özelliği de o kadar yüksektir.

Yanma prosesinde ATH ve ÇB, hem gaz fazında hem de yoğun fazda aktiftir. Kimyasal yapıları nedeniyle sıcaklığın etkisiyle dehidratasyon meydana gelir, ATH 220 - 450 °C sıcaklık aralığında bünyesindeki suyun %34’ü, ÇB’de ise 290-450 °C sıcaklık aralığında bünyesindeki suyun %15’i açığa çıkmaktadır (Ning ve Guo, 2000). Buda yanma esnasında alevin ve dumanın bastırılmasında oldukça etkilidir. Yoğun fazda suyun buharlaşmasıyla kalan ATH ve ÇB, polimerin yüzeyinde koruyucu bir tabaka (ısı bariyer tabakası) oluşturarak açığa çıkan toksik özellikteki gazların oranını ve oksidasyon sırasında

ısının oluşma hızını azaltır (Carpentier v.d., 2000; Morrey, 2003; Mouritz ve Gibson, 2006; Kylosov, 2007; Rakotomalala v.d., 2010; Hornsby, 2010).

Tablo 146’da LOI değerleri yanma sınıfları ve üretilen levha tiplerinin sınıflandırılması yer almaktadır

Tablo 146. ISO 4589 standardına göre üretilen levhaların yanma sınıfları

LOI değeri	Yanma sınıfı	Levha tipleri
≤ 23	Yanabilir Malzeme	Saf YYPE, Saf PP
24–28	Sınırlı Yangın Geciktirici Özellikte Malzeme	Ç4,Ç9,Ç12,Ç15, Ç21,Ç23,Ç24 L4, L9,L15,L23,L24
29–35	Yangın Geciktirici Özellikte Malzeme	Ç17,Ç18,Ç19,Ç20,Ç22 L12,L17,L18,L19,L20,L21,L22

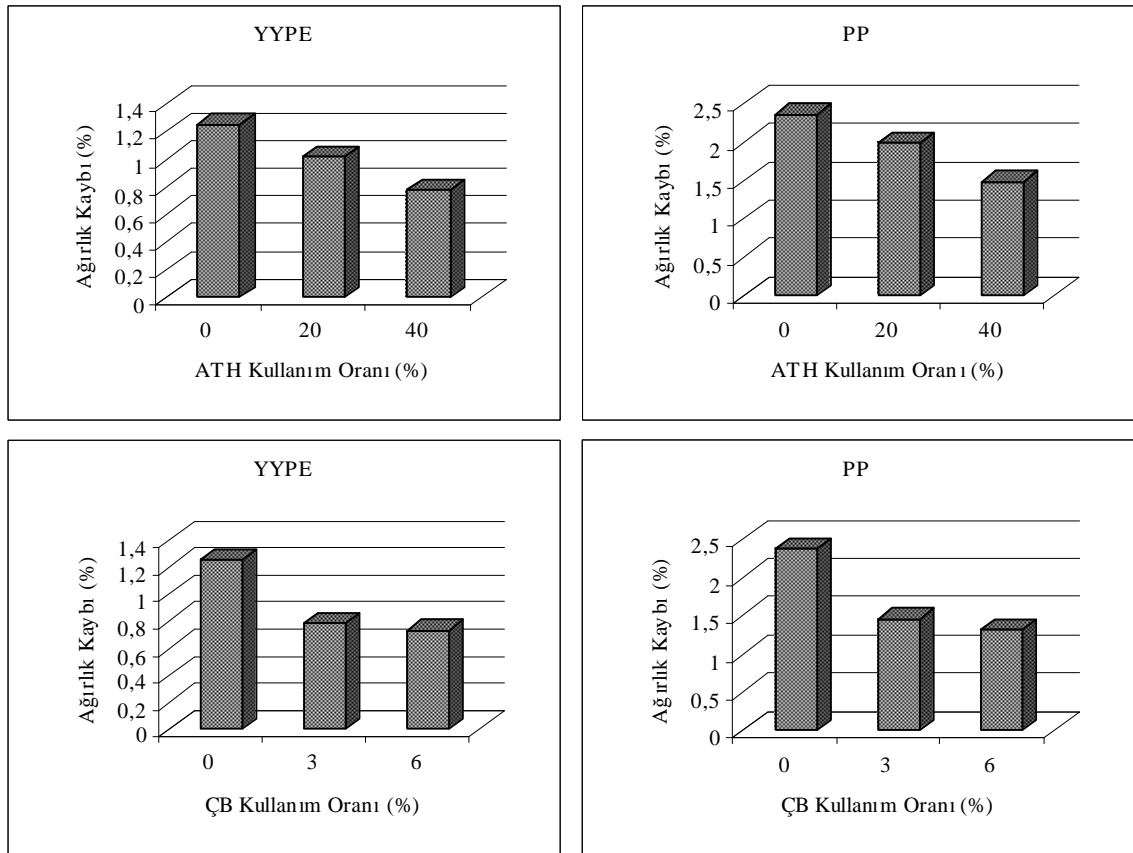
Bu sınıflandırmaya göre saf YYPE ve PP “yanabilir malzeme” grubunda yer almaktadır. Çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda YYPE ve PP ile üretilmiş kontrol örnekleri (%40 çay fabrikası atıkları (Ç4 ve Ç9), %3 MAPE ve MAPP (Ç12 ve Ç15)) ve YYPE ile % 3 ve %6 ÇB ve PP ile %6 ÇB kullanılarak üretilmiş levhalar “sınırlı yangın geciktirici malzeme” sınıfında yer almıştır. %20 ve %40 oranında ATH ile her iki termoplastik polimer ile üretilmiş levhalar ve PP ile %6 çinko borat kullanılarak üretilmiş levhalar “yangın geciktirici özellikte malzeme” sınıfında yer almıştır.

MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda; YYPE ve PP ile üretilmiş kontrol örnekleri (L12 (%3 MAPE) dışında) ve PP ile % 3 ve %6 oranında ÇB kullanılarak üretilmiş levha tipleri “sınırlı yangın geciktirici malzeme” sınıfında yer almıştır. %3 MAPE ile üretilmiş levha tipi, %20 ve %40 oranında ATH ile her iki termoplastik polimer ile üretilmiş levhalar ve YYPE ile %3 ve % 6 çinko borat kullanılarak üretilmiş levhalar “yangın geciktirici özellikte malzeme” sınıfında yer almıştır.

Yangın geciktirici kullanılmadan üretilen kontrol örneklerinin LOI değerleri saf polimerlerden (YYPE ve PP) daha yüksek çıkmıştır. Bazı kaynaklarda lignoselülozik maddelerin dolgu olarak polimer matrisi içerisinde kullanımı ile ısı yayılım hızı (HRR)’nin da azaldığı kömürleşme oranının arttığı yer almaktadır (Kozłowski ve Władyska-Przybylak, 2008; Garcia v.d., 2009).

4.3.5. Çürüklük Testi

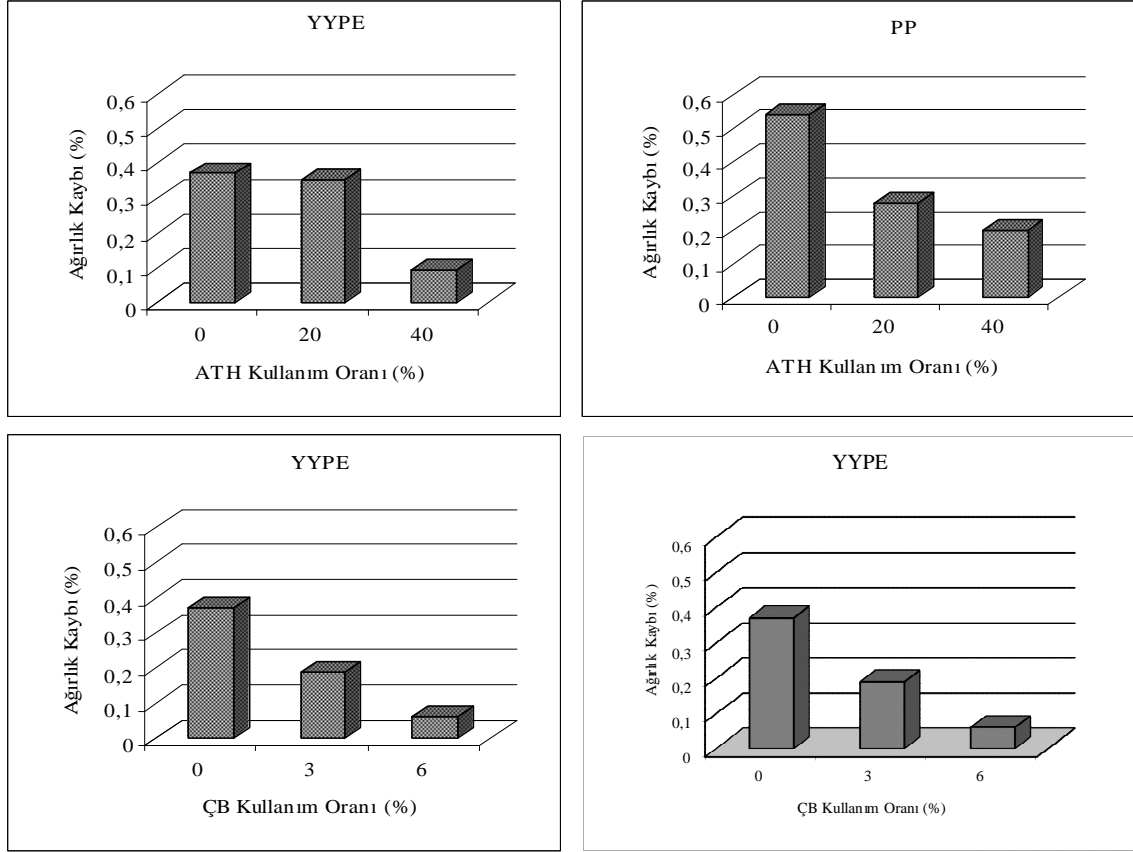
YYPE kullanılarak, çay fabrikası atığı, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların çürüklük testi (*coniothora putena*) sonrası ağırlık kaybı değerleri en düşük % 0.73 , en yüksek %1.02 aralığında, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük % 1.32 , en yüksek %1.98 olarak elde edilmiştir. Şekil 89’de yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının çay atığı kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 89. Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri

YYPE kullanılarak, MDF zımpara tozu, birleştirici ve yangın geciktirici ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri en düşük % 0.06, en yüksek %0.35, PP kullanılarak yapılan üretimlerde ise en düşük % 0.08, en yüksek %0.28 olarak elde edilmiştir. Şekil 90’da yangın geciktiricilerin ve kullanım oranlarının MDF zımpara tozu

kullanılarak üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 90. MDF zımpara tozu, termoplastik polimer, birleştirici ve yangın geciktirici maddeler ile üretilen levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerleri

En yüksek ağırlık kayıpları; %40 oranında çay fabrikası atığı dolgulu YYPE ve PP ile üretilen levhalarda meydana gelen ağırlık kayıpları % 1.76 (Ç4) ve %3.07 (Ç9) elde edilmiştir. % 40 oranında MDF zımpara tozu dolgulu YYPE ve PP ile üretilen levhalarda meydana gelen en yüksek ağırlık kayıpları ise %0.41 (L4) -0.64 (L9) olarak elde edilmiştir.

%3 oranında birleştirici ile üretilen levhalarda çürüklük testi sonrası meydana gelen ağırlık kayıpları MAPE ile gerçekleştirilen üretimlerde çay fabrikası atıkları için %1.25, MDF zımpara tozu için ise %0.37 olarak belirlenirken, bu oranlar MAPP için %2.36 ve %0.54 olarak elde edilmiştir.

Genel olarak çürüklük testi sonrası referans odun örneklerinde sarıçam odununda %41, kayın odununda %15.41 gibi yüksek ağırlık kayıpları elde edilirken, tüm deneme levhalarında çok düşük oranlarda ağırlık kayıpları elde edilmiştir. En yüksek ağırlık kaybı

%3.07 ile %40 oranında çay fabrikası atığı ve PP ile üretilen levha tipinde (Ç9) elde edilmiştir.

Rutubet çürüklük yapan mantarlar için en önemli gelişme faktörlerden birisidir. Mantarın gelişimi için minimum rutubet miktarı odun için %20 kabul edilmektedir (Bozkurt v.d., 1993). Bu nedenle hidrofobik özellikteki plastikler mantarların gelişimi için uygun bir malzeme değildir. Ancak hidrofil karakterde olan lignoselülozik içerikli maddeler ve levhalar rutubet, besin ortamı açısından mantarların gelişimi için uygun ortam oluşturabilmektedirler (Morris ve Cooper, 1998; Kylosov, 2007; Morrell v.d., 2010; Verhey v.d., 2001) %50 ve üzeri odun içerikli odun plastik kompozitlerin esmer çürüklük ve beyaz çürüklük mantarları tarafından degrade edilebileceği rapor edilmiştir. Ancak levhalar bünyelerinde bulundukları plastik sayesinde oduna oranla mantar zararlılarına karşı daha dayanıklıdır (Kamdem v.d., 2004). Verhey ve Laks (2002) çalışmalarında levhaların çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı üzerinde lignoselülozik madde boyutunun da etkisi olduğunu rapor etmişlerdir. Ağırlık kaybının odun unu veya yonga boyutunun artışına bağlı olarak arttığı belirtilmiştir.

Çinko borat ve ATH, çürüklük testi sonrası oluşan ağırlık kaybı değerlerini azaltmıştır. En düşük ağırlık kaybı %6 çinko borat/MDFZT/YYPE/MAPE ile üretilmiş levhalardan elde edilmiştir.

Literatürde; çinko borat ve diğer borlu bileşiklerin literatürde yangın geciktirici özellik yanında biyolojik dayanımı artırıcı özelliği olduğu bilinmekte ve odun ve odun esaslı ürünlerde yaygın olarak kullanıldığı yer almaktadır (Laks ve Palardy, 1993; Laks v.d., 1991; Tsunoda v.d., 2002; Ayrılmış v.d., 2005; Dönmez, 2005; Ustaömer, 2008). Lloyd (1998)'a göre bor bileşikleri mantarlarda hüf ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişmesini durdurmaktadır. Aynı zamanda oksit formunda ko-enzimler bor iyonlarının hedefi olarak mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadırlar. Yamaguci (2003)'ye göre bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinden kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazanmaktadır.

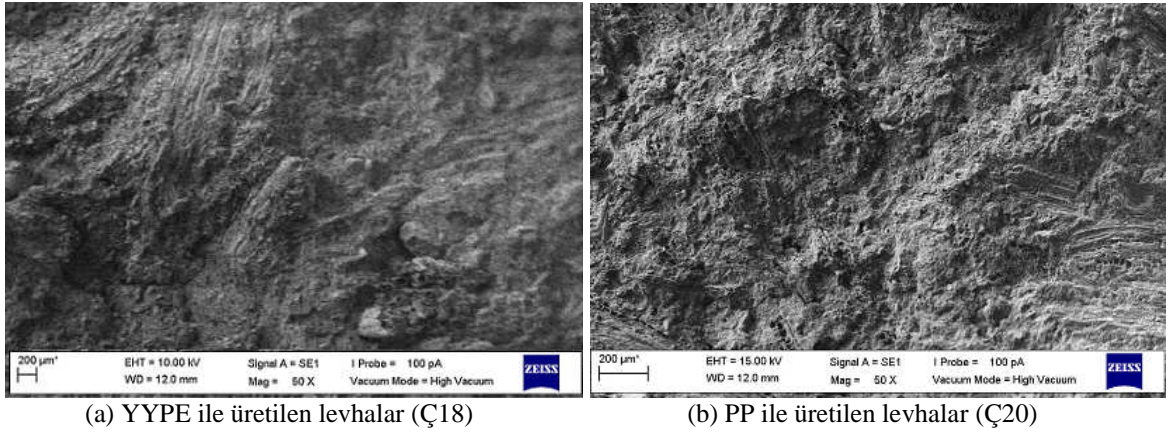
Malzemede mantar çürüklük testi sonucu oluşan ağırlık kaybı esas alınarak farklı dayanıklılık sınıfları bulunmaktadır. CEN/TS 15083-1(2005) standardına göre; çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı %5 ve az ise çok dayanıklı, % 5-10 arasında ise dayanıklı, %10-15 ise kısmen dayanıklı, %15-30 ise az dayanıklı ve ağırlık kaybı % 30'dan fazla ise

mantar çürüklüğüne göre dayanıksız malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bu sınıflandırma odun ve odun esaslı ürünler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Podgorski v.d., 2008; Pollet v.d., 2008; Schirp v.d., 2008; Acker v.d., 2010).

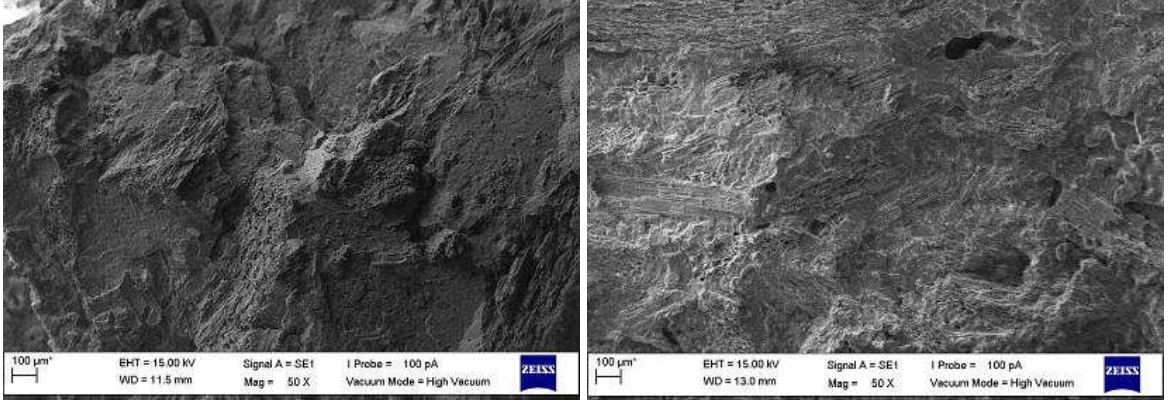
Bu çalışmada yer alan tüm levha tiplerinde çürüklük testi sonrası oluşan ağırlık kaybının %5'den çok daha düşük olması nedeniyle her iki sınıflandırma için de “çok dayanıklı” malzeme grubunda yer almaktadır.

4.3.6. Morfolojik Özellikler (SEM)

Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştiriciler ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların SEM görüntüleri Şekil 91 ve Şekil 92’de verilmiştir. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştiriciler ve yangın geciktiriciler ile üretilen levhaların SEM görüntüleri ise Şekil 93 ve Şekil 94’de verilmiştir.



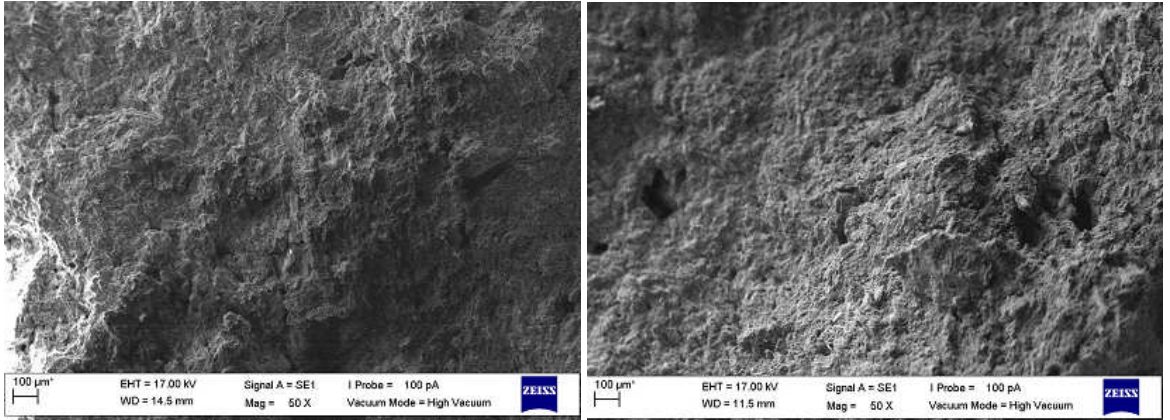
Şekil 91. Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %40 oranında ATH kullanımına ait SEM görüntüleri



(a) YYPE ile üretilen levhalar (Ç22)

(b) PP ile üretilen levhalar (Ç24)

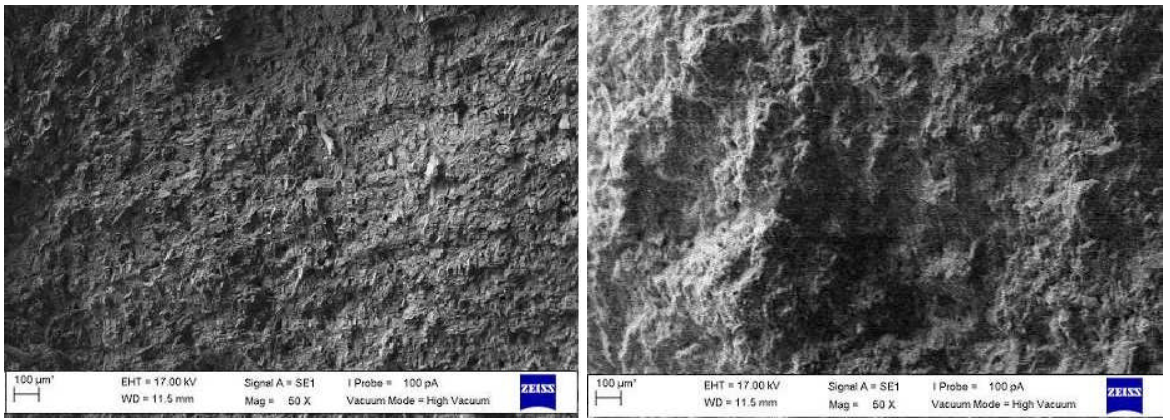
Şekil 92. Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %6 oranında ÇB kullanımına ait SEM görüntüleri



(a) YYPE ile üretilen levhalar (L18)

(b) PP ile üretilen levhalar (L20)

Şekil 93. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %40 oranında ATH kullanımına ait SEM görüntüleri



(a) YYPE ile üretilen levhalar (L22)

(b) PP ile üretilen levhalar (L24)

Şekil 94. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştirici ile üretilen levhalarda %6 oranında ÇB kullanımına ait SEM görüntüleri

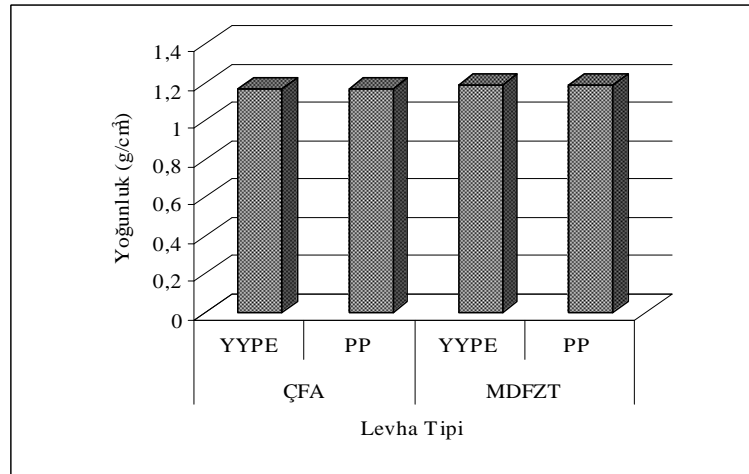
50 X büyütme SEM görüntüleri incelendiğinde, %40 oranında ATH ve %6 oranında ÇB kullanımının termoplastik matrisi, lignoselülozik dolgu maddelerinin yüzeyleri arasında iyi bir şekilde dağılım gösterdiği görülmektedir. ATH'ın kullanıldığı levha tiplerine ait SEM görüntülerinde boşluklar olduğu görülmektedir, bunun yangın geciktiricinin bazı yerlerde yığın halinde dağılım gösterdiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Ticari Reçeteler ile Endüstriyel Boyutta Üretimlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

4.4.1. Fiziksel Özellikler

4.4.1.1. Yoğunluk

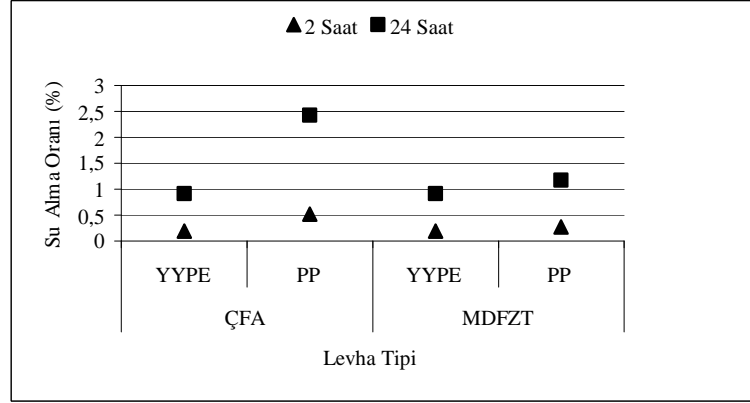
Şekil 95'de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların yoğunluk değerleri gösterilmiştir. Çay fabrikası atığı ile üretilen levha tiplerinin yoğunluk değerleri 1.17g/cm^3 , MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri 1.19 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Her iki polimer tipi yoğunluk değerleri açısından farklılık göstermemektedir.



Şekil 95. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri

4.1.1.2. Su Alma Oranı

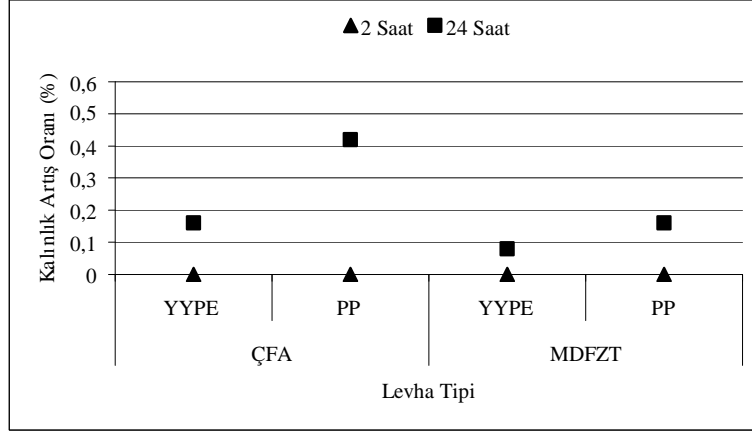
Şekil 96'da ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların 2 ve 24 saat'lik su alma oranları gösterilmiştir. YYPE ile üretilen levha tiplerinde 2 saat için su alma oranı %0.19 iken, 24 saat için %0.91 olarak belirlenmiştir. YYPE ve lignoselülozik madde ile üretilen levhalarda su alma oranları her iki lignoselülozik madde için aynı bulunmuştur. PP ve ÇFA ile üretilen levhalarda 2 saat için %0.52, MDFZT ile üretilenlerde ise %0.27 iken, 24 saat için ise ÇFA'da %2.43 MDFZT'de %1.17 olarak belirlenmiştir. Şekil 96'da MDFZT, ÇFA'ya göre daha yüksek su alma oranına sahip olduğu görülmektedir. Tüm levha tiplerinde suda bekletme süresi arttıkça su alma oranında artış gözlenmiştir.



Şekil 96. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat'lik su alma oranları

4.4.1.3. Kalınlık Artış Oranı

Şekil 97'de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların 2 saat ve 24 saat'lik kalınlık artış oranları gösterilmiştir. YYPE ile üretilen levha tiplerinde 2 saat için kalınlık artış oranı %0 iken, 24 saat için ÇFA ile üretilen levhalarda %0.16, MDFZT ile üretilen levhalarda ise %0.08 olarak belirlenmiştir. PP ile üretilen levhalarda 2 saat için %0 iken, 24 saat için ÇFA ile üretilen levhalarda %0.42, MDFZT ile üretilen levhalarda ise %0.16 olarak belirlenmiştir. Şekil 97'de MDFZT, ÇFA'ya göre daha yüksek kalınlık artış oranına sahip olduğu görülmektedir.

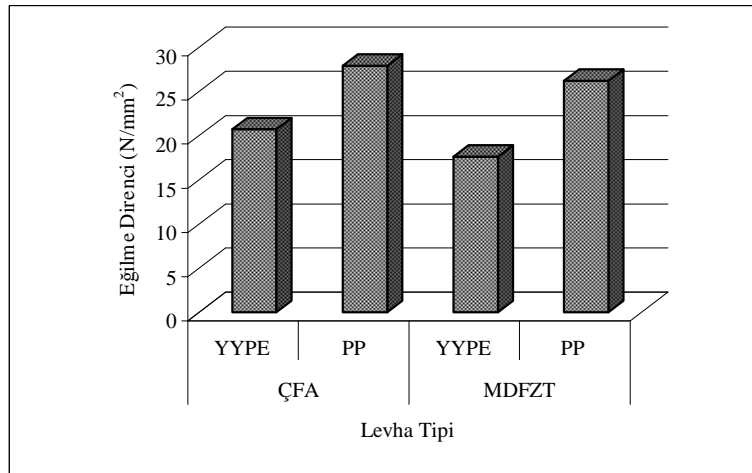


Şekil 97. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların 2 saat ve 24 saat'lik kalınlık artış oranları

4.4.2. Mekanik Özellikler

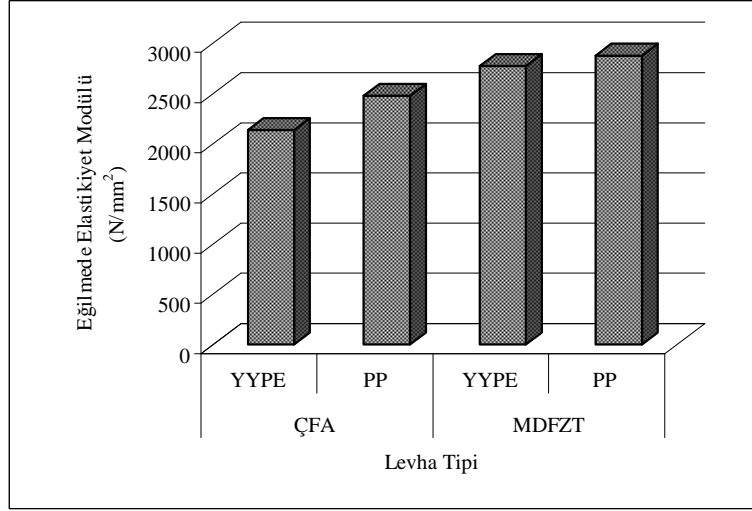
4.4.2.1. Eğilme Özellikleri

Şekil 98'de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların eğilme direnci değerleri gösterilmiştir. En yüksek eğilme direnci ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde 27.90 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde 17.59 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 98. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri

Şekil 99’da ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri gösterilmiştir. En yüksek eğilme direnci MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde 2878.13 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü ise ÇFA ve YYPE ile üretilen levha tipinde 2136.69 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.

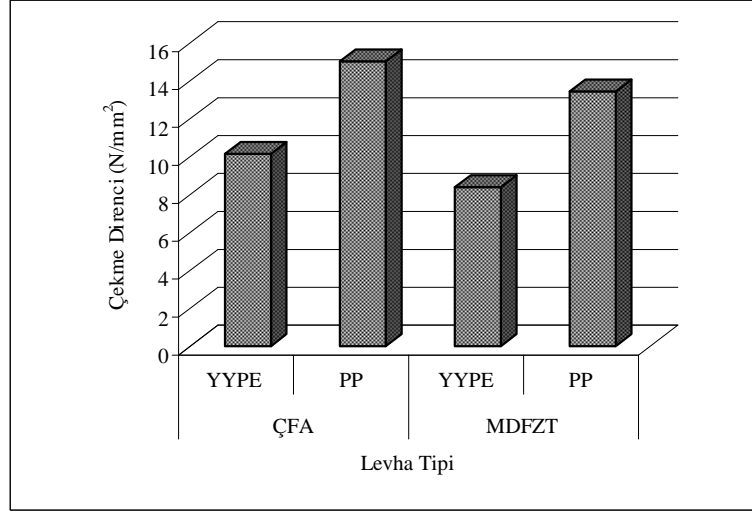


Şekil 99. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri

ASTM D 6662 (2001) standardında, poliolefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin en az $6.9 \text{ MPa (N/mm}^2)$ ve elastikiyet modülü değerlerinin ise en az $340 \text{ MPa (N/mm}^2)$ olmasını istemektedir. Bu çalışmada, üretilen tüm levha tiplerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri standartta belirtilen değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

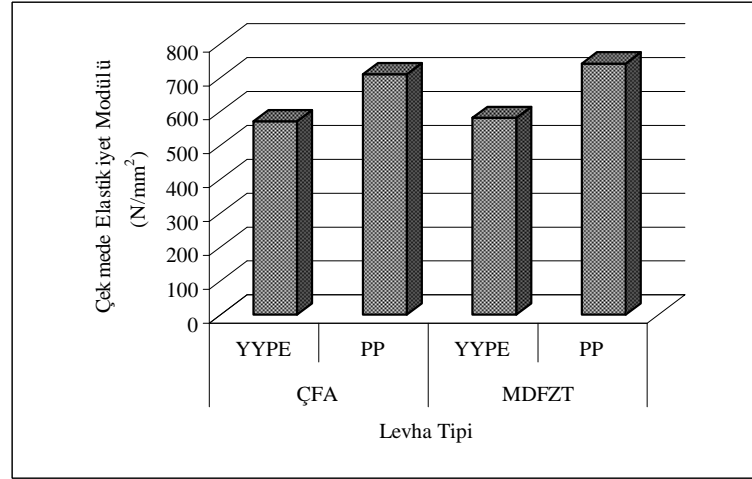
4.4.2.2. Çekme Özellikleri

Şekil 100’de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların çekme direnci değerleri gösterilmiştir. En yüksek çekme direnci ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde 15.11 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. En düşük çekme direnci ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde 8.38 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 100. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri

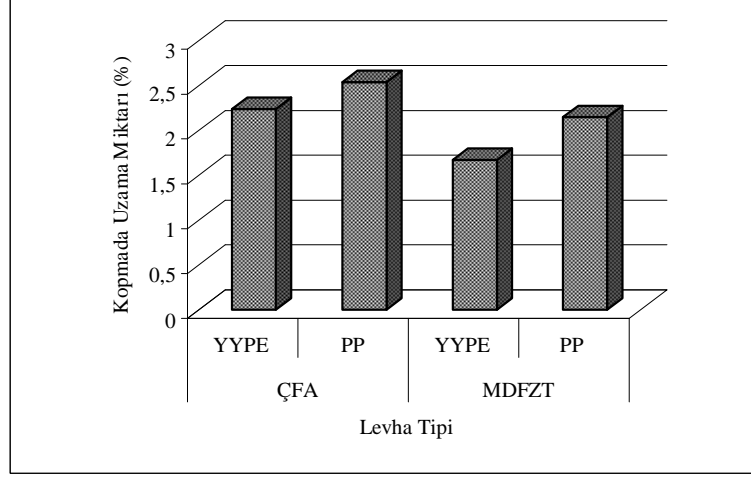
Şekil 101’de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların çekmede elastikiyet modülü değerleri gösterilmiştir. En yüksek çekmede elastikiyet modülü MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde 740.89 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. En düşük çekmede elastikiyet modülü ise ÇFA ve YYPE ile üretilen levha tipinde 570.35 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 101. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların çekmede elastikiyet modülü değerleri

Şekil 102’de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların kopmada uzama miktarı değerleri gösterilmiştir. En yüksek kopmada uzama miktarı ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde

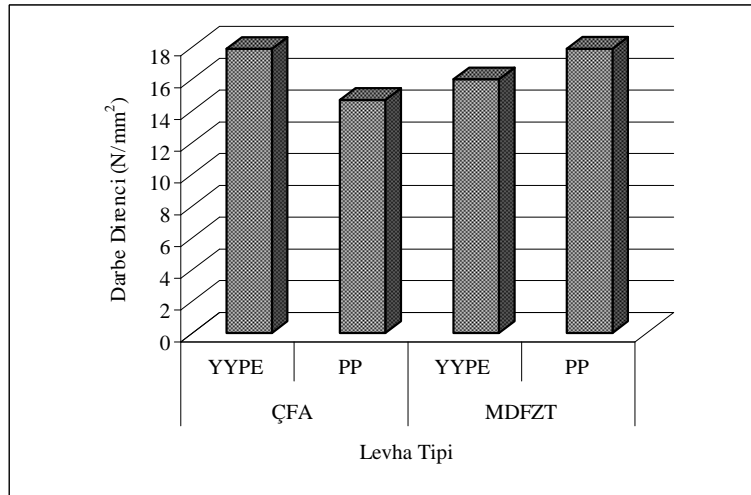
%2.54 olarak elde edilmiştir. En düşük kopmada uzama miktarı ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde % 1.67 olarak elde edilmiştir.



Şekil 102. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların kopmada uzama miktarı değerleri

4.4.2.3. Darbe Direnci

Şekil 103'de ticari reçeteler ile üretilmiş levhaların darbe direnci değerleri gösterilmiştir. En yüksek darbe direnci MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde 17.90 J/m olarak elde edilmiştir. En düşük darbe direnci ise ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde 14.68 J/m olarak elde edilmiştir.



Şekil 103. Ticari reçeteler ile üretilen levhaların darbe direnci değerleri

5. SONUÇLAR

5.1. Lignoselülozik Dolgu Maddesi Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisi

1. Çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda yoğunluk bakımından birbirine yakın değerler elde edilmiş olup, lignoselülozik madde kullanım oranı arttıkça yoğunluk değerlerinde az miktarda artış gözlenmiştir.

2. Tüm levha tiplerinde su alma ve kalınlık artış oranı suda bekletme süresi arttıkça artmıştır. Tüm levha gruplarında lignoselülozik karakterde olan çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu kullanım oranı arttıkça su alma ve kalınlık artış oranlarında da artış meydana gelmiştir. En yüksek su alma ve kalınlık artış oranı değerleri %50 lignoselülozik dolgu oranı ile üretilen levhalarda elde edilmiştir. PP ile üretilen levhalarda 6 aylık suda bekletme süresi boyunca elde edilen su alma ve kalınlık artış oranı YYPE ile üretilenlere göre daha yüksek çıkmıştır.

3. Eğilme direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %50 oranında lignoselülozik madde içeren levhalardan elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde, eğilme direncinin tersine termoplastik matrisi içerisinde lignoselülozik madde oranı arttıkça yükselme gözlenmiştir. Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların benzer eğilme özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir.

4. Çekme direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %50 oranında lignoselülozik madde içeren levhalardan elde edilmiştir. Lignoselülozik madde kullanım oranının artması ile çekmede elastikiyet modülünün arttığı tespit edilmiştir. Kopmada uzama miktarı, termoplastik matrisi içerisinde lignoselülozik madde kullanım oranı arttıkça tüm levha tiplerinde azalış göstermiştir. Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların benzer çekme özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir.

5. Darbe direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. En düşük sonuçlar %50 oranında lignoselülozik madde içeren levhalardan elde edilmiştir. ÇFA ve YYPE ile üretilen levhalar, MDFZT ve YYPE ile üretilen levhalardan daha yüksek darbe direncine sahip olduğu belirlenmiştir.

5.2. Birleştirici Kullanım Oranının Levha Özelliklerine Etkisi

1. Tüm levha tiplerinin yoğunluk değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Ancak, birleştirici (coupling agent) kullanım oranı arttıkça yoğunluk değeri üzerinde az da olsa artış gözlenmiştir. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar, çay fabrikası atığı ile üretilen levhalarda yoğunluk değerleri bakımından daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

2. Suda bekletme süresi arttıkça levhaların su alma oranlarında artış gözlenmiştir. Birleştirici kullanımı ile suda bekletme süresince tüm levha su alma oranlarının tiplerinin kontrol örneklerine kıyasla azaldığı görülmektedir. Su alma ve kalınlık artış oranı için en iyi sonuç %3 oranında birleştirici kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir. MDFZT'nin, ÇFA'ya göre daha düşük su alma ve kalınlık artış oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

3. Birleştirici kullanımı lignoselülozik madde ile termoplastik arasındaki bağlanmayı güçlendirdiğinden tüm levha tiplerinde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artışa neden olmuştur. En iyi sonuçlar %3 oranında birleştirici kullanımı ile görülmüştür. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar, çay fabrikası atığı ile üretilen levhalarda eğilme direnci değerleri bakımından birbirine yakın sonuçlar elde edilmiş olup, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde MDFZT ÇFA'ya göre nispeten daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

4. MAPE ve MAPP kullanımı ile levhaların çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ve kopmada uzama miktarında artış gözlenmiştir. Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların benzer çekme özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir.

5. MAPE ve MAPP kullanımı ile diğer mekanik özelliklerin aksine darbe direncinde genel olarak bir miktar azalma görülmüştür. Çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların benzer darbe direncine sahip oldukları belirlenmiştir.

5.3. Yangın Geciktirici Madde Kullanımının Levha Özelliklerine Etkisi

1. Yangın geciktirici kullanımı levhaların yoğunluk değerlerini arttırmıştır. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalar, çay fabrikası atığı ile üretilen levhalara göre yoğunluk değerleri bakımından daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

2. Suda bekletme süresi uzadıkça tüm levha tiplerinde su alma ve kalınlık artış oranı artmıştır. YGM kullanım oranı arttıkça su alma ve kalınlık artış oranında azalma gözlenmiştir. Polipropilen ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları, YYPE ile üretilen levhalardan daha yüksek çıkarken, çay fabrikası atığı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalardan daha yüksek çıkmıştır. Çinko borat kullanılarak üretilen levhalar, ATH ile üretilen levhalardan daha iyi sonuç vermiştir.

3. ATH kullanılarak çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri üzerinde istatistiksel açıdan farklılık bulunmazken termoplastik polimer tipine göre farklı etkiler gözlenmiştir. YYPE ile üretilen levhalarda bir miktar azalma görülürken, PP ile üretilenlerde ise artış gözlenmiştir. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda ATH kullanımı ile eğilme direnci değerlerinde küçük bir düşüş gözlenmiştir. ATH kullanımı levhaların eğilme elastikiyet modülü üzerinde lignoselülozik madde türüne göre farklı etkiler göstermiştir. Çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalarda artış, MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda ise azalma gözlenmiştir.

4. ÇB kullanımı; her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalarda eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde azalmaya neden olmuştur.

5. ATH kullanımının çay fabrikası atıkları ve MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci değerlerinde ciddi bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ATH kullanım oranı arttıkça her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalarda bir iyileşme ve kopmada uzama miktarı değerlerinde ise azalma meydana gelmiştir.

6. ÇB kullanımının çay fabrikası atıkları ile üretilen levhaların çekme direnci üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu, MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların çekme direnci değerlerinde ise herhangi bir etki yapmadığı görülmektedir. Levhaların çekmede elastikiyet modülü değerlerinde ÇB kullanımı ile her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhalar için benzer şekilde azalma gözlenmiştir. Her iki lignoselülozik madde için ÇB kullanımının kopmada uzama miktarları üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki yapmadığı gözlenmiştir.

7. ATH kullanımı; her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların darbe direnci değerlerinde küçük oranlarda azalmaya neden olmuştur. Çinko borat/PP/MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların, çinko borat/PP/çay fabrikası atığı ile üretilenlere göre daha yüksek darbe direncine sahip olduğu belirlenmiştir.

8. ATH ve ÇB kullanımının her iki lignoselülozik madde ile üretilen levhaların ısı özelliklerini iyileştirdiği görülmektedir. TG ve DTG eğrileri kontrol örneklerine göre benzer pikler vermişlerdir. Levhaların bozunma sıcaklık dereceleri ve termal bozunma sonunda kalıntı miktarlarında artış görülmektedir. Aynı zamanda DTG piklerinin uzunluklarında azalma yani ısı bozunma sırasında oluşan ağırlık kaybı hızında da yavaşlama olduğu görülmektedir. MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların ısı kararlılığı ve termal bozunma sonrası kalıntı miktarı çay fabrikası atıkları ile üretilen levhalardan daha iyi sonuç vermiştir.

9. DSC sonuçlarında üretilen levhalarda erime noktası üzerinde lignoselülozik madde, birleştirici ve yangın geciktiricilerin ciddi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Levha üretimi sırasında ekstrüzyon sıcaklığının malzemenin erime sıcaklığının üstünde olması ve lignoselülozik materyalin bozunmasını önlemek için üretim prosesinde uygulanan sıcaklığın 220 °C'nin üstünde olmaması gerekmektedir. Levhaların erime noktaları YYPE ile üretilenlerde 130-134 °C aralığında, PP ile üretilenlerde ise 163-165 °C aralığında sonuçlar verdiği görülmüştür.

10. ATH ve ÇB kullanımı levhaların LOI değerlerini arttırmıştır. MDF zımpara tozu ile üretilen levhalarda; YYPE ve PP ile üretilmiş (L12 (%3 MAPE) dışında) kontrol örnekleri ve PP ile % 3 ve %6 oranında ÇB kullanılarak üretilmiş levha tipleri “sınırlı yangın geciktirici malzeme” sınıfında yer almıştır. %3 MAPE ile üretilmiş, %20 ve %40 oranında ATH ile her iki termoplastik polimer tipi ile üretilmiş ve YYPE ile %3 ve % 6 ÇB kullanılarak üretilmiş levha tipleri “yangın geciktirici özellikte malzeme” sınıfında yer almıştır.

11. Çinko borat ve ATH kullanımı çürüklük testi sonrası oluşan ağırlık kaybı değerlerini azaltmıştır. En düşük ağırlık kaybı %6 çinko borat/MDFZT/YYPE/MAPE ile üretilmiş levhalardan elde edilmiştir. Bu çalışmada yer alan tüm levha tiplerinde çürüklük testi sonrası oluşan ağırlık kaybının %5'den çok daha düşük olması nedeniyle “çok dayanıklı” malzeme grubunda yer almıştır.

5.4. Ticari Reçetelerle Endüstriyel Boyutta Üretimlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

1. Ticari reçeteler kullanılarak çay fabrikası atığı ile üretilen levha tiplerinin yoğunluk değerleri 1.17g/cm^3 , MDF zımpara tozu ile üretilen levhaların yoğunluk

değerleri 1.19 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Her iki polimer tipi yoğunluk değerleri açısından farklılık göstermemektedir.

2. MDFZT, ÇFA'ya göre daha yüksek su alma oranına kalınlık artış oranına sahip olduğu görülmüştür. Tüm levha tiplerinde suda bekletme süresi arttıkça su alma ve kalınlık artış oranlarında artış gözlenmiştir.

3. En yüksek eğilme direnci ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde (27.90 N/mm^2) elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde (17.59 N/mm^2) elde edilmiştir. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde (2878.13 N/mm^2) elde edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü ise ÇFA ve YYPE ile üretilen levha tipinde (2136.69 N/mm^2) elde edilmiştir. ASTM D 6662 (2001) standardında, poliolefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin en az $6.9 \text{ MPa(N/mm}^2)$, elastikiyet modülünün ise en az $340 \text{ MPa (N/mm}^2)$ olmasını istemektedir. Bu çalışmada, üretilen tüm levha tiplerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri standartta belirtilen değerlerin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir.

5. En yüksek çekme direnci ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde (15.11 N/mm^2) elde edilmiştir. En düşük çekme direnci ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde (8.38 N/mm^2) olarak elde edilmiştir. En yüksek çekmede elastikiyet modülü MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde (740.89 N/mm^2) elde edilmiştir. En düşük çekmede elastikiyet modülü ise ÇFA ve YYPE ile üretilen levha tipinde (570.35 N/mm^2) elde edilmiştir. En yüksek kopmada uzama miktarı ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde (%2.54) elde edilmiştir. En düşük kopmada uzama miktarı ise MDFZT ve YYPE ile üretilen levha tipinde (%1.67) elde edilmiştir.

6. En yüksek darbe direnci MDFZT ve PP ile üretilen levha tipinde 17.90 J/m olarak elde edilmiştir. En düşük darbe direnci ise ÇFA ve PP ile üretilen levha tipinde 14.68 J/m N/mm^2 olarak elde edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Günümüzde enerji, hava kirliliği, çevresel faktörler, insan sağlığı ve maliyet gibi unsurlar dikkate alındığında doğal kaynakların ve atıkların etkin şekilde değerlendirilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Atıkların yeniden geri dönüşüm halkasına katılması, doğanın dengesinin korunabilmesine ve doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi açısından son derece önemlidir.

Bu anlamda, lignoselülozik yapıdaki tarımsal atıkların, yıllık bitkilerin ve orman ürünleri endüstrisi açısından oluşan atıkların değerlendirilmesi ayrı önem taşımaktadır. Ülkemizde lignoselülozik atıklar henüz hiç bir sanayi dalında önemli oranda kullanılmamaktadır. Bu çalışmada farklı lignoselülozik atıkların odun plastik kompoziti üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Ülkemiz çay üretim ve tüketimi bakımından dünyada sayılı ülkelerden biridir. Aynı zamanda MDF üretimi ile de Avrupa'da sayılı üreticilerden olup ve oluşan zımpara tozları etkin bir şekilde değerlendirilememektedir. Bunlara bağlı olarak çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozu odun plastik kompozitleri için potansiyel dolgu maddesi olabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında; çay fabrikası atığı ve MDF zımpara tozunun, YYPE ve PP termoplastik polimerleri için uygun potansiyel dolgu maddeleri olduğu ve laboratuvar tipi tek vidalı ekstruder için %40 oranında rahatlıkla kullanılabileceği söylenebilir. Ayrıca, endüstriyel boyutta daha yüksek dolgu oranları ile üretimler gerçekleştirilebilir.

Çay fabrikası atığı ve MDFZT dolgulu termoplastik levhaların kalite özelliklerini iyileştirmek için birleştirici olarak kullanılan MAPE ve MAPP kimyasallarının %3 oranında kullanılması önerilmektedir. Daha yüksek orandaki kullanımlarda levhaların kalite özellikleri üzerinde ciddi bir artışa neden olmadığı belirlenmiş olup ayrıca maliyeti yükselteceğinden önerilmemektedir.

Yangın geciktirici madde olarak ATH ve ÇB kullanımının levhaların fiziksel, ısı, yanma ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak ATH'ın yüksek oranlarda kullanılması maliyeti arttıracığından daha sonraki çalışmalarda çinko boratı sinerjist olarak kullanarak ATH kullanım oranını azaltmak mümkün olacaktır.

Ticari reçeteler ile endüstriyel boyutta üretimlerde ürün maliyetini düşürebilmek amacıyla çalışmalar devam etmektedir. Aynı zamanda yangın geciktiriciler kullanılarak ürün performansı geliştirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Abu Bakar, M.B., Leong, Y. W., Ariffin, A. ve Mohd Ishak, Z. A., 2007. Mechanical, Flow and Morphological Properties of Talc- and Kaolin-Filled Polypropylene Hybrid Composites, Journal of Applied Polymer Science, 104, 434-441.
- Abu Bakar, M.B., Mohd Ishak, Z.A., Mat Taib, R., Rozman, H.D. ve Mohamad Jani, S., 2010. Flammability and Mechanical Properties of Wood Flour-Filled Polypropylene Composites, Journal of Applied Polymer Science, 116, 2714-2722.
- Acker, J. V., Bulcke, J.V.D. ve Boever, L.D., 2010. Thebiological Durability Approach for Wood Product Performance and Service Life Prediction, The International Research Group on Wood Protection – 41st Annual Meeting, May, Biarritz- France, IRG 10-20457.
- Adhikary, K.B., Pang, S. ve Staiger, M.P., 2008. Dimensional Stability and Mechanical Behaviour of Wood-plastic Composites Based on Recycled and Virgin High-Density Polyethylene (HDPE), Composites: Part B, 39, 807-815.
- Adhikary, K.B, Park, C.B., Islam, M.R. ve Rizvi, G.M., 2011. Effects of Lubricant Content on Extrusion Processing and Mechanical Properties of Wood Flour-High-Density Polyethylene Composites, Journal of Thermoplastic Composite Materials, 24, 2, 155-171.
- Ahankari, S.S., Mohanty, A.K. ve Misra, M., 2011. Mechanical Behaviour of Agro-residue Reinforced Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate), (PHBV) Green Composites: A Comparison with Traditional Polypropylene Composites, Composites Science and Technology, 71, 5, 653-657.
- Ahmaruzzaman, M.ve Laxmi Gayatri, S., 2010. Adsorptive Removal of p-Nitrophenol (p-NP) on Charred Jute Stick, International Journal of Chemical Reactor Engineering, 8, A98.
- Akkurt, S., 2007. Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 552.
- Alavi, S. A. R., Angaji, M. T. ve Gholami, Z., 2009. Twin-Screw Extruder and Effective Parameters on the HDPE Extrusion Process, World Academy of Science, Engineering and Technology, 49, 204-207.
- Alderman Jr., D.R., 1998. Assessing the Availability of Wood Residues and Residue Markets in Virginia, Masters Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Amen-Chen, C., Pakdel H. ve Roy, C., 2001. Production of Monomeric Phenols by Thermochemical Conversion of Biomass: A Review, Bioresource Technology, 79, 277-299.

- Askeland, D. R., Fulay, P. P. ve Wright, W. J., 2010. The Science and Engineering of Materials, Sixth Edition, CL-Engineering, USA, 944.
- ASTM D 256, 2002. Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 638, 2004. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 790, 2004. Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA.
- ASTM D 792, 2004. Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 1037, 1996. Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 2863-06a, 2006. Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index), ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 6662, 2001. Standard Specification for Polyolefin-Based Plastic Lumber Decking Boards, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Aydın, H., 2004. PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri, Bitirme Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Ayrılmış, N., Kartal, S.N., Laufenberg, T.L., Winandy, J.E. ve White, R.H., 2005. Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard, Forest Product Journal, 55, 5, 74-81.
- Ayrılmış, N. ve Jarusombiti, S., 2011. Flat-pressed Wood Plastic Composite as an Alternative to Conventional Wood-based Panels, Journal of Composite Materials, 45, 1, 103-112.
- Balabanovich, A.I., 2004. The Effect of Melamine on the Combustion and Thermal Decomposition Behaviour of Poly(butylene terephthalate), Polymer Degradation and Stability, 84, 451-458.
- Balatinecz, J. J. ve Woodhams, R. T. 1993. Wood-Plastic Composites, Doing More with Less, Journal of Forestry, 91, 11, 22-26.
- Baroulaki, I., Karakasi, O., Pappa, G., Tarantili, P.A., Economides, D. ve Magoulas, K., 2006. Preparation and Study of Plastic Compounds Containing Polyolefins and Post Used Newspaper Fibers, Composites: Part A, 37, 1613-1625.

- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré P. ve Cloutier, A., 2009. Effects of Fiber Characteristics on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites, Composites: Part A, 40, 1975–1981.
- Baysal, E.M., Yalınkılıç, K., Çolak, M. ve Göktaş, O., 2003. Combustion Properties of Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Wood Treated with Vegetable Tanning Extracts and Boron Compounds, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27, 245-252.
- Beshay, A. D., Kokta, B.V. ve Daneault, C., 1985. Use of Wood Fibers in Thermoplastic Composites II: Polyethylene, Polymer Composites, 6, 4, 261-271.
- Beyatlı, Y. 1996. Biyoteknoloji ve Biyoprotein Üretimi, Kükem Derneği Bilimsel Yayınları, Ankara, 54-59.
- Binhussain, M.A., El-Tonsy, M.M., Pasha, M.J. ve Alharthi, K., 2009. Plastic and Palm Leaves Waste Recycling-A Promising Economic Option in the Kingdom of Saudi Arabia, 2nd Kuwait Waste Management Conference&Exhibition, April, Kuwait.
- Biron, M., 2007. Thermoplastics and Thermoplastic Composites: Technical Information for Plastics Users, Publisher: Elsevier Science Ltd, 944.
- Bocchini, S. ve Camino, G., 2010. Halogen-Containing Flame Retardants, Chapter 4, Fire Reterdancy of Polymeric Materials, İkinci Baskı, Ed. Wilkie, C. A ve Morgan, Alexander, A.B., 75-107.
- Bourbigot, S., Carpentier, F., Le Bras, M. ve Fernandez, C., 2001. Mode of Action of Zinc Borates in Flame-retardant EVA–metal Hydroxide Systems, in: S. Al-Malaika, A. Golovoy, and C.A. Wilkie, Eds., Specialty Polymer Additives: Principles and Applications. Blackwell Science, Oxford, England, 271–292.
- Bozkurt, Y.A., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Matbaa Teknisyenleri Koll.Şti., İstanbul, 429.
- Brandt, C.W. ve Fridley, K.J., 2003. Effect of Load Rate on Flexural Properties of Wood-plastic Composites, Wood Fiber Science, 46, 6, 812-819.
- Camino, G. ve Delobel, R., 2010. Fire Retardancy of Polymeric Materials, Intumescence, Ed: Grand, A.F. ve Wilkie, C.A., Marcel Dekker, New York, 217–243.
- Carpentier, F., Bourbigot, S., Le Bras, M., Delobel, R. ve Foulon, M., 2000. Charring of Fire Retarded Ethylene Vinyl Acetate Copolymer-magnesium Hydroxide / Zinc Borate Formulations, Polymer Degradation and Stability, 69, 83–92.
- CEN/TS 15083-1, 2005. Durability of Wood and Wood-based Products - Determination of the Natural Durability of Solid Wood Against Wood-destroying Fungi, Test Methods- Part 1:Basidiomycetes, Annex D: Assesment of Results, European Committee For Standardization (CEN), Brussels, Belgium.

- Chaharmahali, M., Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Najafi, S.K. ve Mirbagheri Y., 2010. Mechanical and Physical Properties of Wood-plastic Composite Panels, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29, 310–319.
- Chen, X, Yu, J. ve Guo, S., 2006. Structure and Properties of Polypropylene Composites Filled with Magnesium Hydroxide, Journal of Applied Polymer Science, 102, 4943–4951.
- Chiu, S.H. ve Wang, W.K., 1998. The Dynamic Flammability and Toxicity of Magnesium Hydroxide Filled Intumescent Fire Retardant Polypropylene, Journal of Applied Polymer Science, 67, 989-995.
- Choi, S.W., Lee, B.H., Kim, H.J. ve Kim, H.S., 2009. Thermal Behavior of Flame Retardant Filled PLA-WF Bio-Composites, Mokchae Konghak, 37, 2, 155-163.
- Chtourou, H., Riedl, B. ve Ait-Kadi, A., 1992. Reinforcement of Recycled Polyolefins with Wood Fibers, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 11, 372-394.
- Cındık, H., 1992. Çay Atıklarından Yapılan Yonga Levhanın Fizibilite (Yapılabilirlik) Etüdü, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Clemons, C., 2002. Wood–plastic Composites in the United States: The Interfacing of Two Industries, Forest Products Journal, 52, 6, 10–18.
- Crawford, R.J., 2001. Plastic Engineering, Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition), Polymers, Ed. Meyers, R. A., Academic Press, 457-474.
- Cui, Y.H., Tao, J., Noruziaan, B., Cheung M. ve Lee, S., 2010. DSC Analysis and Mechanical Properties of Wood–Plastic Composites, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29, 2, 278-289.
- Çağlarer, E., 2006. Pamuk ve İpek Elyaflarla Takviye Edilmiş Plastik Matrisli Kompozitlerin Elektriksel Özellikleri, Pagev Plastik Dergisi, 85, 90-112.
- Çaykur, 2008. Stratejik Plan 2009-2013, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü (CAYKUR), Rize, 139.
- Çolakoğlu , G., Çolak, S., Aydın, İ., Yıldız, U.C. ve Yıldız, S., 2003. Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Veneer Lumber, Silva Fennica, 37, 505-510.
- Da Silva, A.L.N., Rocha, M.C.G., Moraes, M.A.R., Valente, C.A.R. ve Coutinho, F.M.B., 2002. Mechanical and Rheological Properties of Composites Based on Polyolefin and Mineral Additives, Polymer Testing, 21, 57-60.
- Dalvåg, H., Klason, C. ve Strömvall. H.E., 1985. The Efficiency of Cellulosic Fillers in Common Thermoplastics. Part II. Filling with Processing Aids and Coupling Agents, International Journal of Polymeric Materials, 11, 9-38.

- Dawson, R.B. ve Landry. S.D., 2006. The Issues&Regulatory Status for Flame Retardants. In: 15th International Conference Additives, Plastics Additives for Special Effects, ECM, Plymouth, MI, Las Vegas, NV.
- Defoirdt, N., Gardin, S., Bulcke, J. V. ve Acker, J.V., 2010. Moisture Dynamics of WPC and the Impact on Fungal Testing, International Biodeterioration & Biodegradation, 64, 65-72.
- Demirbaş, A., 1999. Enerji Kaynağı Olarak Biokütle Materyallerinin Önemi Briketleme İşlemi Yoluyla Çay Atıklarının Değerlendirilmesi Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 21, 3 , 215–220.
- Deniz, İ., Yaylı, N., Kırıcı, H., Tutuş, A., Özberk, İ., Polat, T., Kolaylı, H., ve Şahin, H.İ., 2009. Şanlıurfa Bölgesi'ndeki Ekin Saplarının Kağıt Özelliklerine Yetiştirme Ortamının Etkisi, Tübitak, 1001 Projesi, Ankara, 179.
- Doan, T.T.L., Gao, S. L. ve Madre, E., 2006. Jute/Polypropylene Composites I. Effect of Matrix Modification, Composites Science and Technology, 66, 7–8, 952–963.
- Doğan, M., Yılmaz, A. ve Bayramlı, E., 2010. Synergistic Effect of Boron Containing Substances on Flame Retardancy and Thermal Stability of Intumescent Polypropylene Composites, Polymer Degradation and Stability, 95, 2584-2588.
- Dönmez, A., 2005. Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Melez Kavak (Populus euroamericana cv.) Yongaları ve Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yönlendirilmiş Yongalevhaların (OSB) Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dönmez Çavdar, A., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F., Karakuş, K. ve Yel, H., 2009. The Utilization of Sand Dusts of MDF Panel as Filler in Wood Plastic Composites, The International Research Group on Wood Protection – 41st Annual Meeting, May, Biarritz- France, IRG/WP 10-40500.
- Dönmez Çavdar, A., Kalaycıoğlu, H. ve Mengeloğlu, F., 2011. Tea Mill Waste Fibers Filled Thermoplastic Composites: The Effects of Plastic Type and Fiber Loading, Journal of Reinforced Plastics and Composites, DOI: 10.1177/0731684411408752.
- Drouglas, R. C., 2001. Structural Properties of Recycled Plastic/Sawdust Lumber Decking Planks, Resources, Conserve and Recycling, 31, 3, 241–251.
- Dvira, H., Gottlieb, M., Darenb, S. ve Tartakocskyb, E.. 2003. Optimization of a Flameretarded Polypropylene Composite, Composite Science and Technology, 63, 1865–1875.
- Eckert, C. 2000. Opportunities for Natural Fibers in Plastic Composites In: Proc. Progress in Woodfibre-Plastic Composites, Toronto, ON.
- Eder, A., Strobl, S. ve Schwarzbauer, P., 2007. Worldwide Market Report on Wood-Plastic Composites, Revised Edition.

- EN 113, 1996. European Standard, Wood Preservatives – Test Method for Determining the Protective Effectiveness Against Wood Destroying Basidiomycetes– Determination of Toxic Values, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium.
- EN 317, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Swelling in Thickness After Immersion in Water, CEN, Brussels. Belgium.
- Englund, K.R., 2001. Consolidation and Friction Mechanisms of Wood Composites and Their Influence of Pultrusion Processing, PhD Thesis, Washington State University, 130.
- Felix, J.M., Gatenholm, P. ve Schreiber, H.P., 1993. Controlled Interactions in Cellulose-Polymer Composites. I: Effect on Mechanical Properties, Polymer Composites, 14, 449.
- Fontaine, G., Bourbigot, S. ve Duquesne, S., 2008. Neutralized Flame Retardant Phosphorus Agent: Facile Synthesis, Reaction to Fire in PP and Synergy with Zinc Borate, Polymer Degradation and Stability, 93, 68-76.
- Fulmer, M.S., 1999. Compounding and Processing Additives for Woodfiber-Plastic Composites, 5th International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, May, Madison, WI.
- Fulmer, M. ve Vanderkooi, J., 1999. Compounding and Processing Additives for Woodfiber-Plastic Composites, 5th International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, May, Madison, WI, Biographies and Abstracts, 24.
- Gahni, M.H.A. ve Ahmad, H.S., 2011. Effects of Antioxidants Content on the Physical and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites, Key Engineering Material, 471-472, 151-156.
- Garcia, M., Hidalgo, J., Garmendia, I. ve García-Jaca, J., 2009. Wood-plastics Composites with Better Fire Retardancy and Durability Performance, Composites: Part A, 40, 1772–1776.
- Geng, Y., 2005, Investigation of New Compatibilizer Systems for Wood-polyethylene Composites, PhD Thesis, Oregon State Universitesi, USA.
- George, J., Sreekala M.S. ve Thomas, S., 2001. A Review on Interface Modification and Characterization of Natural Fiber Reinforced Plastic Composites, Journal Polymer Engineering and Science, 41, 9, 1471-1485.
- Ghasemi, I. ve Kord, B., 2009. Longterm Water Absorption Behavior of Ppolypropylene/ wood flour/organoclay hybrid Nanocomposite, Iranian Polymer Journal, 18, 9, 683-691.
- Gnatowski, M. ve Burnaby, B.C., 2005. Water Absorption by Wood-plastic Composites Cpmposites in Exterior, Proceeding Book: 8th International Conference on Wood Fiber Plastic Composites, 1- 27, Mayis, Madison, Wisconsin, USA.

- Goode, M.J., Harscher, M., Sigworth, W.D. ve Lawlor, T.T., 2011. Falem Resistance Natural Fiber-filled Thermoplastics with Improved Properties, United States Patent Application Publication, Patent No: US 2011/0071237.
- Goodman, S.H., 1999. Handbook of Thermoset Plastics, 2nd Ed., William Andrew Inc., 604.
- Gordon, J.E., 1988. The New Science of Strong Materials (or Why You Don't Fall Through the Floor), 2nd edition, Princeton University Press, Princeton, NJ, 179.
- Gökalp, E., 2006. Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gramann, P.J. ve Osswald, T.A., 1993. Simulation of the Melt Mixing Process of Natural Fiber-filled Polyolefin Composites: A Bboundary Element Approach. In: Proc. Wood fiber-polymer Composites, Process, and Material Options. Ed. Wolcott, E.D., Forest Product Society, Madison, WI. 25-32.
- Gupta, A. P., Saroop, U. K., Jha, G. S. ve Verma, M., 2003. Studies on the Effect of Coupling Agent on Glass Fiber Filled Polypropylene, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 42, 2, 297-309.
- Gürü, M. ve İçen, H., 2004. Obtaining of Caffeine from Turkish Tea Fiber and Stalk Wastes, Bioresource Technology, 94, 17-19.
- Hamzeh, Y., Ashori,A. ve Mirzaei,B., 2011. Effects of Waste Paper Sludge on the Physico-Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Wood Flour Composites, Journal of Polymer Environment, 19, 120-124.
- Hashim, R., How, L.S., Kumar, R.N. ve Sulaiman, O., 2005. Some of the Properties of Flame Retardant Medium Density Fiberboard Made from Rubberwood and Recycled Containers Containing Aluminum Trihydroxide, Bioresource Technology, 96, 1826-1831.
- Hashim, R., Sulaiman, O., Kumar, R.N., Tamyez, P.F., Murphy, R.J. ve Ali, Z., 2009. Physical and Mechanical Properties of Flame Retardant Urea Formaldehyde Medium Density Fiberboard, Journal of Materials Processing Technology, 209, 635-640.
- Hazer, B., 1993. Polimer Teknolojisi, K.T.Ü. Yayınları, Trabzon, 156 s.
- Hedenberg, P. ve Gatenholm. P., 1995. Conversion of Plastic/cellulose Waste into Composites. I. Model of Interphase, Journal of Applied Polymer Science, 56, 641-651.
- Hilado, C.J., 1998. Flammability Handbook for Plastics. Product Safety Corporation, West Virginia, USA, 5.baskı, 326.

- Hornsby, P.R., 2007. The Application of Fire-Retardant Fillers for Use in Textile Barrier Materials, In: Duquesne, S., Magniez, C. and Camino, G. (eds), *Multifunctional Barriers for Flexible Structures*, Springer Series in Materials Science, 97, 1–22, Springer, New York.
- Hornsby, P., 2010. Fire-Retardant Fillers, Chapter 7, *Fire Reterdancy of Polymeric Materials*, Second Edition, Ed. Wilkie, C. A. ve Morgan, A.B., 163-187.
- Hüner, Ü., 2008. Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Ichazo, M.N., Albano, C., Gonzale, J., Perera, R. ve Candal, M.V., 2001. Polypropylene /wood Flour Composites: Treatment and Properties, *Composite Structure*, 54, 207–214.
- Innes, I. ve Innes, A., 2004. Plastic Flame Retardants: Technology and Current Developments Current, *Rapra Review Reports*, 168, 14,12, 138.
- Ismail, H. ve Jaffri, R.M., 1999. Physico-mechanical Properties of Oil Palm Wood Flour Filled Natural Rubber Composites, *Polymer Testing*, 18, 381–388.
- İmik, H., Tuncer, S.D., Aylan, A., Aytac, A. ve Erdogan, I., 2002. Akkaraman Kuzu Rasyonlarına Farklı Oranlarda Katılan Çay Atıklarının Bazı Verim Özelliklerine Etkileri, *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 49, 51–57.
- Jang, J. ve Lee, E. 2001. Improvement of the Flame Retardancy of Papersludge/ polypropylene Composite, *Polymer Testing*, 20,7–13.
- Jeencham, R., Suppakarn, N. ve Jarukumjorn, K., 2009. Effect of Ammonium Polyphosphate on Flammability and Mechanical Properties of Polypropylene/sisal Fiber Composites, 11th Pacific Polymer Conference, December, Cairns, Australia.
- John, W. E. 1982. Isocyanate as Wood Binders: A Review, *The Journal of Adhesion*, 15, 59-67.
- Kaboorani A., 2010. Effect of Formulation Design on Thermal Properties of Wood/ Thermoplastic Composites, *Journal of Composite Materials*, 44, 2205–2215.
- Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R., 2009, *Yongalevha Ders Notları*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Yayın No:86, Trabzon.
- Kamdem, D. P., Jiang, H., Cui, W., Freed, J. ve Matuana L. M., 2004. Properties of Wood Plastic Composites Made of Recycled HDPE and Wood Flour from CCA-treated Wood Removed from Service, *Composites: Part A*, 35, 347–355.
- Karakuş, K. 2008, *Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen Atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Kartal, N.S. ve Imamura, Y., 2004. Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı, II.Uluslararası Bor Sempozyumu, Eylül, Eskişehir, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 333-337.
- Kartal, S. N., Ayrilmis, N. ve Imamura, Y., 2007. Decay and Termite Resistance of Plywood Treated with Various Fire Retardants, Building and Environment, 42, 3, 1207-1211.
- Katz, H.S. ve Milewski, J.V., 1978. Handbook of Fillers and Reinforcements for Plastics, Van Nostrand Reinhold Company, Newyork, 652.
- Kaya, M. ve Öz, D., 1999 Mineral Esaslı Alev Geciktirici ve Duman Bastına Katkı Maddeleri, 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, Bildiriler Kitabı:152-162.
- Khan, M.A., Islam, M.N., Alam, M.K. ve Zaman, M.A., 2003. Study of Water Absorption Behavior in Wood Plastic Composites by Using Neutron Radiography Techniques, Polymer -Plastics Technology and Engineering, 42, 925-934.
- Kılıç, A. ve Hafızoğlu, H., 2002. Metil Metakrilat ile Muamele Edilen Bazı Ağaç Türlerinin Boyut Stabilizasyonunun Artırılması, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 4, 4, 20-27.
- Kırcı, H., Peşman, E. ve Kalyoncu, E.E., 2004. Kraft Hamurunun Oksijen Delignifikasyonu Kademesinin Sodyum Perborat Monohidrat ile Takviye Edilmesi, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, 339-343.
- Kiran, E. ve Gillham, J.K., 1976. Pyrolysis-molecular Weight Chromatography: A New On-line System for Analysis of Polymers. II. Thermal Decomposition of Polyolefins: Polyethylene, Polypropylene, Polyisobutylene Journal Applied Polymer Science, 20, 2045–2068.
- Kokta, B. V., Maldas, D., Daneault, C. ve Béland, P., 1990. Composites of Polyvinyl Chloride-Wood Fibers. III: Effect of Silane as Coupling Agent, Journal of Vinyl Technology, 12, 3, 146-153.
- Kong, X.J., Liu S.M. ve Zhao, J.Q, 2008. Flame Retardancy Effect of Surface-modified Metal Hydroxides on Linear Low Density Polyethylene, Journal of Central South University of Technology, 15, 779–785.
- Kord, B., 2011a. Effect of Wood Flour Content on the Hardness and Water Uptake of Thermoplastic Polymer Composites, World Applied Sciences Journal,12, 9, 1632-1634.
- Kord, B., 2011b. Investigation of reinforcing filler loading in the mechanical properties of wood plastic composites, World Applied Sciences Journal, 13 1, 171-174.

- Kozlowski, R. ve Wladyka-Przybylak, M., 2008. Flammability and Fire Resistance of Composites Reinforced by Natural Fibers, Polymer for Advance Technology, 19, 446–453.
- Krzysik, A. M., Youngquist, J. A., Myers, G. E., Chahyadi, I. S. ve Kolosick, P. C., 1990. Wood-polymer Bonding in Extruded and Nonwoven Web Composites Panels. in A. H. Conner, A. W. Christiansen, G. E. Myers, B. H. River, C. B. Vick, and H. N. Spelter, eds. Wood Adhesives 1990. Symposium of USDA Forest Service, Forest Products Laboratory and the Forest Products Research Society, Madison, WI, 183-189.
- Kulshreshtha, A.K. ve Talapatra,S., 2000. Competitive New Technologies in Polyolefin Synthesis and Materials, Handbook of Polyolefins, Second Editions. Ed. Vasile, C., Marcel Deccer Inc., 1-69.
- Kuo, P.Y., Wang, S.Y., Chen, J.H., Hsueh, H.C. ve Tsai, M.J., 2009. Effects of Material Compositions on the Mechanical Properties of Wood–Plastic Composites Manufactured by Injection Molding, Materials and Design, 30, 3489–3496.
- Kurt, R. ve Mengeloğlu, F., 2011. Utilization of Boron Compounds as Synergists with Ammonium Polyphosphate for Flame Retardant Wood-polymer Composites, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35, 155-163.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F. ve Meric, H., 2011. The Effects of Boron Compounds Synergists with Ammonium Polyphosphate on Mechanical Properties and Burning Rates of Wood-HDPE Polymer Composites, European Journal of Wood and Products, DOI: 10.1007/s00107-011-0534-2.
- Küçükyavuz, O., 2004. Çay Atıklarından Yonga Levha İmalatı Tesisi Sanayi Profili Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 50.
- Kütük, C., 2000. Çay Atığı Kompostu ve Atık Mantar Kompostunun Yetiştirme Ortamı Bileşeni Olarak Süs Bitkisi Yetiştiriciliğinde Kullanılması, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 5, 1-2, 75-86.
- Kylosov, A.A., 2007. Wood Plastic Composites, John Wiley&Sons, Inc.,NJ, USA, 698.
- Laks, P.E., Quan, X. ve Haataja, B.A., 1991. The Effects of Sodium Octaborate Tetrahydrate and Zinc Borate on Properties of Isocyanate-bonded Waferboard. Adhesive and Bonded Wood Symposium, In Proceedings Forest Product Society, 144-157.
- Laks, P.E. ve Palardy, R.D., 1993. Properties and Process Considerations for Preservativecontaining Waferboards. International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) Symposium on the Protection of Wood-Based Composite Products, Orlando, FL, Forest Products Society, 12-17.

- Laks, P.E. ve Manning, M.J., 1995. Inorganic Borates as Preservative Systems for Wood Composites, Proceedings of the Second Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Vancouver, Canada, 236-244.
- Lampman, S., 2003. Characterization and Failure Analysis of Plastics, ASM International, Materials Park, OH., 485.
- Laver, T. C., 1996. Extruded Synthetic Wood Composition and Method for Making Same, US Patent 5516472:21.
- Lee, J.H., Ku, S.K., Park, K.D. ve Lee, H.S., 2004. Immunohistochemical Study of the Gastrointestinal Endocrine Cells in the Korean Aucha Perch, Journal of Fish Biology, 65, 170–181.
- Levchik, S.V, 2007. Introduction to Flame Retardancy and Polymer, Chapter 1, Flammability Flame Retardant Polymer Nanocomposites, Ed. Morgan, A.B., Wilkie, C.A., Wiley Interscience, New Jersey, 1-29.
- Lewin, M. ve Weil, E.D., 2001. Mechanisms and Modes of Action in Flame Retardancy of Polymers, in: A.R. Horrocks and D. Price, Eds., Fire Retardant Materials. Woodhead Publishing, Cambridge, England, 31–68.
- Li, Q. ve Matuana, L.M., 2003. Effectiveness of Maleated and Acrylic acid-Functionalized Polyolefin Coupling Agents for HDPE-wood-flour Composites, Journal of Thermoplastic Composite Materials, 16, 551–564.
- Li, H., Law, S. ve Sain, M., 2004. Process Rheology and Mechanical Property Correlation of Wood Flour–Polypropylene Composites, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 23, 11, 1153–1158.
- Li, B. ve He, J., 2004. Investigation of Mechanical Property, Flame Retardancy and Thermal Degradation of LLDPE-wood-fiber Composites, Polymer Degradation and Stability, 83, 2, 241-246.
- Li, T. ve Yan, N., 2007. Mechanical Properties of Wood Flour/HDPE/ionomer Composites, Composite:Part A, 38, 1-12.
- Li, S., Long, B., Wang, Z., Tian, Y., Zheng, Y. ve Zhang, Q., 2010. Synthesis of Hydrophobic Zinc Borate Nanoflakes and Its Effect on Flame Retardant Properties of Polyethylene, Journal of Solid State Chemistry, 183, 957–962.
- Lloyd, J.D., 1998. Borates and Their Biological Applications, The International Research Group on Wood Preservation 29th Annual Meeting, Maastricht, Netherlands, Proceedings of Symposium: 14-19.
- Lu, J.Z., Wu, Q. ve McNabb, H.S., 2000. Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composites: A Review of Coupling Agents and Treatments, Wood Fiber Science, 32, 1, 88-104.

- Maged, B., 2003. Equistar Chemicals, Development of New Generation Coupling Agents for Wood Plastic Composites, In:Intertech Conference The Global Outlook for Natural and Wood Fiber Composites, New Orleans, 17.
- Maier, C. ve Calafut, T, 1998. Polypropylene; The Definitive User's Guide and Databook, ISBN 1-884207-58-8, New York.
- Maldas, D., Kokta, B.V., Raj, R.G. ve Daneault, C., 1988. Improvement of the Mechanical Properties of Sawdust Wood Fiber-polystyrene Composites by Chemical Treatment, Polymer, 29, 1255-1265.
- Maldas, D., Kokta, B.V. ve Daneault, C., 1989. Influence of Coupling Agents and Treatments on the Mechanical Properties of Cellulose Fiber-polystyrene Composites, Journal of Applied Polymer Science, 37, 751-775.
- Maldas, D. ve Kokta. B.V.,1990a. Effects of Coating Treatments on the Mechanical Behavior of Wood Fiber-filled Polystyrene Composites, II. Use of Inorganic Salt/polyvinyl Chloride and Isocyanate as Coating Components, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 8, 2-12.
- Maldas, D. ve Kokta. B.V.,1990b. Effects of Coating Treatments on the Mechanical Behavior of Wood-fiber-filled Polystyrene Composites, I. Use of Polyethylene and Isocyanate as Coating Components, Journal of Applied Polymer Science, 40, 917-928.
- Maldas, D. ve Kokta. B. V., 1990c. Influence of Phthalic Anhydride as a Coupling Agent on the Mechanical Behavior of Wood Fiber-polystyrene Composites, Journal of Applied Polymer Science, 41, 185-194
- Maldas, D. ve Kokta, B.V., 1991. Influence of Maleic Anhydride as a Coupling Agent on the Performance of Wood Fiber-polystyrene Composites, Polymer Engineering and Science, 31,18, 1351-1357.
- Malkoç, E. ve Nuhoglu, Y., 2007. Potential of Tea Factory Waste for Chromium (VI) Removal from Aqueous Solutions: Thermodynamic and Kinetic Studies, Separation and Purification Technology, 54, 291–298.
- Manap, İ., 2007. Yüksek Yoğunluk Polietilen Malzemesinin Çekme ve Çarpma Deneyleleriyle Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bitirme Projesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Mankowski, M. ve Morrell, J.J., 2000. Patterns of Fungal Attack Inwood-plastic Composites Following Exposure in a Soil Block Test, Wood and Fiber Science, 32, 340-345.
- Mankowski, M.E., Ascherl, F.M. ve Manning, M.J., 2005. Durability of Wood Plastic Composites Relative to Natural Weathering and Preservative Treatment with Zinc Borate, The International Research Group on Wood Protection, Stockholm, Sweden, IRG/WP/05-40316.

- Manning, M.J., Ascherl, F.M. ve Mankowski, M.E., 2006. Wood-Plastic Composites and the Durability Dilemma: Observations from the Field. IRG/WP/06-40351. The International Research Group on Wood Protection, Stockholm.
- Manson, J.A. ve Sperling L.H., 1976. Polymer Blends and Composites, Plenum Pres, New York, NY.
- Marcovich, N.E. ve Villar, M.A., 2003. Thermal and Mechanical Characterization of Linear Low-density polyethylene/wood Flour Composites, Journal of Applied Polymer Science, 90, 10, 2775–2784.
- Mareri, P., Bastide, S., Binda, N. ve Crespy, A., 1998. Mechanical Behaviour of Polypropylene Composites Containing Fine Mineral Filler: Effect of Filler Surface Treatment, Composite Science and Technology, 58, 747–752.
- Markarian, J., 2002. Additives in Food Packaging, Plastics, Additives & Compounding, 4, 4, 16-21.
- Markarian, J., 2005. Wood-plastic Composites: Current Trends in Materials and Processing, Plastics, Additives and Compounding, 7, 5, 20-26.
- Martelli, F.G., 1983. Twin-screw Extruders: A Basic Understanding, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY., 137.
- Massey, L.K., 2007. The Effects of UV Light and Weather on Plastics and Elastomers, Second Edition, William Andrew Publisher, NY, USA, 456.
- Matthews, F.L. ve Rawlings, R.D., 1994. Composite Materials: Engineering and Science, Chapman and Hall, New York, NY.
- Matuana, L.M. ve Balatinecz, J.J., 1998. Effect of Surface Properties on the Adhesion Between PVC and Wood Veneer Laminates, Polymer Engineering Science, 38, 5, 765-773.
- Matuana, L.M., Kandem, D.P. ve Zhang, J., 2001a. Photoaging and Stabilization of Rigid PVC/wood-fiber Composites, Journal of Applied Polymer Science, 80,11,1943–1950.
- Matuana, L.M., Balatinecz, J.J., Sodhi, R.N. ve Park, C.B., 2001b. Surface Characterization of Esterified Cellulose Fiber by XPS and FTIR Spectroscopy, Wood Science Technology, 35, 3, 191–201.
- Mead L. J. ve Baker A. M., 2006. Handbook of Plastics Technologies: The Complete Guide to Properties and Performance, Chapter 2: Thermoplastics, Ed. Harper, C.A., The McGraw Hill Companies, USA, 600.
- Mengeloglu, F. ve Matuana, L.M., 2003. Mechanical Properties of Extrusion Foamed Rigid PVC/Wood-flour Composites, Journal of Vinyl and Additive Technology, 9, 1, 26-31.

- Mengeloglu, F. 2006. Wood/Thermoplastic Composites. I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi. TBMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir, 471-480.
- Mengeloglu, F. ve Kabakci, A., 2008. Determination of Thermal Properties and Morphology of Eucalyptus Wood Residue Filled High Density Polyethylene Composites, International Journal of Molecular Science, 9, 107-119.
- Mengeloglu, F. ve Karakus, K., 2008. Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Wheat Straw Flour Filled Recycled Thermoplastic Composites, Sensors, 8, 500-519.
- Mills, N.J., 2005. Plastics, Plastics, Third Edition: Microstructure and Engineering Applications, Publisher: Butterworth-Heinemann, 523.
- Mishra, S. ve Naik, J.B., 2005. Mechanical Properties of Wood Polymer Composites Prepared from Agro-Waste and HDPE, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 44, 511-522.
- Mishra, S. ve Sain, M., 2009. Commercialization of Wheat Straw as Reinforcing Filler for Commodity Thermoplastics, Journal of Natural Fibers, 6,1 , 83-97.
- Mohanty, A. K., Misra, M. ve Hinrichsen, G., 2000. Biofibers, Biodegradable Polymers and Biocomposites: An Overview, Macromolecular Materials and Engineering, 276, 277, 1-24.
- Mohanty, S., Verma, S. K. ve Nayak, S. K., 2006. Dynamic Mechanical and Thermal Properties of MAPE Treated Jute/HDPE, Composites Science Techology, 66, 3-4, 538-547.
- Morreale, M., Scaffaro R., Maio, A. ve La Mantia, F.P., 2008. Effect of Adding Wood Flour to the Physical Properties of a Biodegradable Polymer, Composites: Part A, 39, 503-513.
- Morrell, J.J., Stark, N. M., Pendleton, D.E. ve McDonald, A.G., 2010. Durability of Wood-Plastic Composites, 10th International Conference on Wood & Biofiber Plastic Composites and Cellulose Nanocomposites, Madison, Wisconsin, USA, 71-75.
- Morrey, E.L., 2003. Flame Retardant Composite Materials Measurement and Modelling of Ignition Properties, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 72, 943-954.
- Morris, P.I. ve Cooper P., 1998. Recycled Plastic/wood Composite Lumber Attacked by Fungi, Forest Products Journal, 48,1, 86-88.
- Morrison, R. T. ve Boyd, R. N., 1992. Organic Chemistry. Sixth Edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 971-985.
- Mouritz, A.P. ve Gibson, A.G., 2006. Fire Properties of Polymer Composite Materials, Springer Yayınları, Hollanda, 385.

- Mureimk, R. J., 1998. Flame Retardants, Industrial Minerals, 364, 45-49.
- Myers, R.E., Dickens Jr, E.D., Licursi, E. ve Evans, R.E., 1985. Ammonium Pentaborate: an Intumescent Flame Retardant for Thermoplastic Polyurethanes, Journal of Fire Sciences, 3, 432-449.
- Myers, G. E., Chahyadi, I. S., Gonzalez, C. ve Coberly, C.A., 1993. Wood Flour and Polypropylene or High-density Polyethylene Composites: Influence of Maleated Polypropylene Concentration and Extrusion Temperature on Properties. in M. P. Wolcott, ed. Wood Fiber/Polymer Composites: Fundamental Concepts, Processes, and Materials Options. Proc. of the 1st Wood Fiber-Plastic Composite Conference in Madison, WI, 49-56.
- Najafi, S.K., Hamidinia, E. ve Tajvidi, M., 2006. Mechanical Properties of Composites from Sawdust and Recycled Plastics, Journal of Applied Polymer Science, 100, 3641–3645.
- Najafi, S.K., Tajvidi, M. ve Hamidina E., 2007. Effect of Temperature, Plastic Type and Virginity on the Water Uptake of Sawdust/Plastic Composites, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 377-382.
- Najafi, S.K., Sharifnia, H. ve Tajvidi, M., 2008. Effects of Water Absorption on Creep Behavior of Wood-plastic Ccomposites, Journal of Composite Materials ,42, 993-1002.
- Ning, Y. ve Guo, S., 2000. Flame-Retardant and Smoke-Suppressant Properties of Zinc Borate and Aluminum Trihydrate-Filled Rigid PVC, Journal of Applied Polymer Science, 77, 3119–3127.
- Oksman, K. ve Lindberg, H., 1998. Influence of Thermoplastic Elastomers on Adhesion in Polyethylene-Wood Flour Composites, Journal of Applied Polymer Science, 68,1845–1855.
- Oksman, K., Lindberg, H. ve Holmgren, A., 1998. The Nature and Location of SEBS-MA Compatibilizer in Polyethylene-wood Flour Composites, Journal of Applied Polymer Science, 69, 201-209.
- Örs, Y. ve Kalaycıoğlu H., 1991. Çay Fabrikası Atıklarının Yonga Levha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15, 968-974.
- Örs, Y., Atar, M. ve Peker, H., 1999. Çeşitli Emprenye ve Üst Yüzey İşlem Maddelerinin Sarıçam ve Kestane Odununun Yanma Özelliklerine Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 541 -549.
- Özbaş, A.Y., 2011. Orman Ürünleri Sanayi Odun Hammadde Değerlendirme Sunumu 2011, Panel: Orman Ürünleri Sanayisinde Hammadde Sorunu ve Özel Sektör Girişimciliğinin Geleceği, Trabzon.

- Panthapulakkal, S., Sain, M. ve Law, S., 2005. Effect of Coupling Agents on Rice-husk-filled HDPE Extruded Profiles, Polymer International, 54, 137–142.
- Panthapulakkal, S. ve Sain, M., 2007. Agro-residue Reinforced High-density Polyethylene Composites: Fiber Characterization and Analysis of Composite Properties, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 38, 6, 1445-1454.
- Peacock, A. J., 2000, Handbook of Polyethylene: Structures: Properties, and Applications Marcel Dekker, Inc., New York, 537.
- Pervaiz, M. ve Sain, 2004. High Performance Natural Fiber Thermoplastics for Automotive Interior Parts, SAE Paper. 2004-01-0729.
- Pickering, K.L. ve Murray, T.L., 1999. Weak-link Scaling Analysis of High-strength Carbon Fibre, Composites: Part A , 30, 1017–1021.
- Pizzi, A. ve Mittal, K.L., 2003. Handbook of Adhesive Technology, Second Edition Revised and Expanded Publisher: CRC Press, 1024.
- Podgórski, T., Schmidt, K., Kowalczyk, R. ve Gulczyńska, A., 2008. Microhabitat Selection by Eurasian lynx and Its Implications for Species Conservation, Acta Theriol, 53, 97–110.
- Pritchard, M., 1998. Professional Responsibility: Focusing on the Exemplary, Science and Engineering Ethics, 4, 215-233.
- Pollet, C., Jourez, B. ve Hebert, J., 2008. Natural Durability of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Wood Grown in Wallonia, Belgium, Canadian Journal of Forest Research, 38, 6, 1366-1372.
- Raj, R.G., Kokta, B.V. ve Daneault, C., 1989. Polypropylene-Wood Fiber Composites: Effect of Fiber Treatment on Mechanical Properties, International Journal of Polymeric Materials, 1989,12, 239-250.
- Raj, R.G. ve Kokta, B.V., 1991. Improving the Mechanical Properties of HDPE-wood Fiber Composites with Additives/coupling Agents, in ANTEC, Proc. of the 49th Annual Technical Conference, Montreal, Canada, May 5-9, Society of Plastics Engineers, Brookfield, CT., 1883-1885.
- Rakotomalala, M., Wagner, S. ve Döring, M., 2010. Recent Developments in Halogen Free Flame Retardants for Epoxy Resins for Electrical and Electronic Applications, Materials, 3, 4300-4327.
- Ramazani, S.A.A., Rahimi, A., Frounchi, M. ve Radman, S., 2008. Investigation of Flame Retardancy and Physical-mechanical Properties of Zinc Borate and Aluminum Hydroxide Propylene Composites, Materials and Design, 29, 1051-1056.
- Ratna, D., 2009. Handbook of Thermoset Resins, A Smithers Group Company, UK, 410.

- Redy, N. ve Yang, Y., 2005. Biofibers from Agricultural Byproducts for Industrial Applications, Trends in Biotechnology, 23, 1, 22-27.
- Riley, A. M., Paynter, C. D., McGenity, P. M. ve Adams, J. M., 1990. Factors Affecting the Impact Properties of Mineral Filled Polypropylene, Plastics and Rubber Processing and Applications, 14, 85-93.
- Rosato, D.V., 2011. *Plastics End Use Applications*, Springer Science Business Media, LLC., 132.
- Rosen, S.L., 1993. *Fundamental Principles of Polymeric Materials*, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.,444.
- Rowell, R. M., Sandi, A. R., Caulfield, D. F. ve Jacobson, R. E., 1997. The Utilization of Natural Fibers in Plastic Composites: Problem and Opportunities, In: Leao, A. L., Carvalho, F. X. and Frollini, E. (eds.), *Lignocellulosic Plastic Composites*, Brazil, 23-51.
- Rozman, H. D., Zuliahani, A. ve Tay, G. S., 2010. Effects of Rice Husk (RH) Particle Size, Glass Fiber (GF) Length, RH/GF Ratio, and Addition of Coupling Agent on the Mechanical and Physical Properties of Polypropylene-RH-GF Hybrid Composites, Journal of Applied Polymer Science, 115, 3456–3462.
- Sailaja, R.R.N., 2006. Mechanical and Thermal Properties of Bleached Kraft Pulp-LDPE Composites: Effect of Epoxy Functionalized Compatibilizer, Composites Science and Technology, 66, 2039–2048.
- Sain, M., Park, S.H., Suhara, F. ve Law, S., 2004. Flame Retardant and Mechanical Properties of Natural Fibre–PP Composites Containing Magnesium Hydroxide, Polymer Degradation and Stability, 83, 363–367.
- Sain, M. ve Panthapulakkal, S., 2006. Bioprocess Preparation of Wheat Straw Fiber and Characterization, Industrial Crops and Products, 23, 1–8.
- Salamon, A.W. ve Fielder, K.J., 2003. Practical Uses of Differential Scanning Calorimetry for Plastics, *Handbook of Plastics Analysis*, Ed. Lobo, H. ve Bonnila, J.V., Marcel Dekker, New York, 79-109.
- Salemane, M.G. ve Luyt, A.S., 2006. Thermal and Mechanical Properties of Polypropylene-Wood Powder Composites, Journal of Applied Polymer Science, 100, 4173–4180.
- San, P.K., Nee, L.A. ve Meng, H.C., 2008. Physical and Bending Properties of Injection Moulded Wood Plastic Composites Boards, ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences, 3, 5, 13-19.

- Sanadi, A.R, Caulfield, D.F, Jacobson, R.E. ve Rowell R.M. 1995. Renewable Agricultural Fibers as Reinforcing Fillers in Plastics: Mechanical Properties of Kenaf Fiber-Polypropylene Composites, Industrial Engineering Chemistry Research, 34, 5, 1889-1896.
- Sanadi A.R., Caufield, D.F. ve Jacobson, R.E, 1997. Agro-fiber Thermoplastic Composites. In: R.M. Rowell, R.A. Young, J.K. Rowell (Eds.). Proceeding Paper and Composites from Agro-Based Resources. CRC Lewis Press Boca Raton, Florida. 377-401.
- Santos, E.F., Mauler, R.S. ve Nachtigall, S.M.B., 2009. Effectiveness of Maleated- and Silanized-PP for Coir Fiber-Filled Composites, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 28, 17, 2119-2129.
- Schirp, A., Ibach, R. E., Pendleton, D. E. ve Wolcott, M. P., 2008. Biological Degradation of Wood-PlasticComposites (WPC) and Strategies for Improving the Resistance of WPC Against Biological Decay, Chapter 29, Development of Commercial Wood Preservatives: Efficacy, Environmental, and Health Issues. Washington DC: American Chemical Society, New York, 480-507.
- Schut, J., 1999. For Compounding, Sheet & Profile: Wood is Good. *Plastics Technology*, 46-52.
- Shakeri, A. ve Ghasemian, A., 2010. Water Absorption and Thickness Swelling Behavior of Polypropylene Reinforced with Hybrid Recycled Newspaper and Glass Fiber, Applied Composite Materials, 17, 183–193.
- Shen, K.K. ve Griffin, T.S. 1990. Zinc Borate as a Flame Retardant, Smoke Suppressant, and Afterglow Suppressant in Polymers, in: G.L. Nelson, Eds., Fire and Materials: Hazards Identification and Prevention. ACS Symposium Series, 425,157–177.
- Shen, K. K., 2001. Zinc Borates: 30 Years of Successful Development as Multifunctional Fire Retardants, Chapter 18, Fire and Polymers: Materials and Solutions for Hazard Prevention.,Ed. Nelson, G.I. ve Wilkie, C.A., ACS Symposium Series, 797, 228-239.
- Shen, K. K., Kochesfahani, S.H. ve Jouffret, F., 2010. Boron-Based Flame Retardants and Flame Retardancy, Chapter 9, Fire Reterdancy of Polymeric Materials, Second Edition, Ed. Wilkie, C. A ve Morgan, A.B., 207- 239.
- Sherman, L.M., 2004. Wood-filled Plastics: They Need the Right Additives for Strength, Good Looks & Long Life,(Cover Story), *Plastic Tecnology*, Online publication.
- Shimasaki, C., Watanabe, N., Fukushima, K., Rengakuji, S., Nakamura, Y., One, S., Yoshimura, T., Morita, H., Takakura, M. ve Shiroishi, A., 1997. Effect of the Fire-retardant, Melamine, on the Combustion and the Thermal Decomposition of Polyamide-6, Polypropylene and Low-density Polyethylene, Polymer Degradation and Stability, 58, 171-180.

- Šimkovic, I., 1999. Preparation of Anion Exchangers from Beech Sawdust and Wheat Straw, Industrial Crops and Products, 10, 167–173.
- Simonsen, J., Jacobsen, R. ve Rowell, R., 1998. Wood-Fiber Reinforcement of Styrene-maleic Anhydride Copolymers, Journal of Applied Polymer Science, 68, 1567-1573.
- Song, L., Hu, Y., Lin, Z., Xuan, S., Wang, S., Chen, Z. ve Fan, W., 2004. Preparation and Properties of Halogen-free Flame-retarded Polyamide 6/organoclay Nanocomposite, Polymer Degradation and Stability, 86, 535-540.
- Stark, N.M. ve Berger, M.J., 1997. Effect of Particle Size on Properties of Wood-Flour Reinforced Polypropylene Composites, The Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, Madison, WI, 134-143.
- Stark, N., Clemons, C., Ibach, R. ve Matuana, L., 2003. Durability of Wood and Polyethylene Composite Lumber, I-OPC-21763 Final Project Report, USDA Forest Products Laboratory, Madison, WI, 38.
- Stark, N.M. ve Rowlands, R.E., 2003. Effects of Wood Fiber Characteristics on Mechanical Properties of Wood/polypropylene Composites, Wood and Fiber Science, 35, 2, 167–174.
- Stark, N.M. ve Mueller, S.A., 2008. Improving the Color Stability of Wood-Plastic Composites Through Fiber Pre-Treatment, Wood and Fiber Science, 40, 2, 271–278.
- Stark, N.M., White, R.H., Mueller, S.A. ve Osswald, T.A., 2010. Evaluation of Various Fire Retardants for Use in Wood Flourepolyethylene Composites, Polymer Degradation and Stability, 95, 1903-1910.
- Stepek, J. ve Daoust, H., 1983. Lubricants and Mold-Release Agents, Additives for Plastics, Springer-Verlag New York Inc., 34-49.
- Stevens, M.J., 1985. Extruder Principles and Operation, Elsevier Applied Science Publisher, New York, NY., 339.
- Stokke, D.D. ve Gardner, D.J., 2003. Fundamental Aspects of Wood as a Component of Thermoplastic Composites, Journal of Vinyl and Additive Technology, 9, 2, 96–104.
- Stricker, F., Bruch, M. ve Mülhaupt, R., 1997. Mechanical and Thermal Properties of Syndiotactic Polypropene Filled with Glass Beads and Talcum, Polymer, 38, 21, 5347–5353.
- Sulaiman, O., Hashim, R., Kumar, R.N., Tamyez, P.F., Murphy, R.J. ve Ali, Z., 2008. Effect of Incorporation of Flame Retardants on Some of the Properties of Phenol Formaldehyde Medium Density Fiberboard, International Journal of Agricultural Research, 3, 5, 331-339.

- Suppakarn, N. ve Jarukumjorn, K., 2009. Mechanical Properties and Flammability of Sisal/PP Composites: Effect of Flame Retardant Type and Content, Composites: Part B, 40, 613–618.
- Tai, C.M. ve Li, R.K.Y., 2001. Mechanical Properties Flame Retardant Filled Polypropylene Composites, Journal of Applied Polymer Science, 80, 2718-2728.
- Tajan, M., Chaiwutthinan, P. ve Leejarkpai, T., 2008. Thermal and Mechanical Properties of Wood-Plastic Composites from Iron Wood Flour and Recycled Polypropylene Foam, Journal of Metals, Materials and Minerals, 18, 2, 53-56.
- Tajvidi, M. ve Takemura, A., 2010. Thermal Degradation of Natural Fiber-reinforced Polypropylene Composites, Journal of Thermoplastic Composite Materials, 23, 281-298.
- Toh, H., Oshima, K., Toyoda, A., Ogura, Y., Ooka, T., Sasamoto H., Park S.H., Iyoda S., Kurokawa K., Morita H., Itoh K., Taylor T.D., Hayashi T. ve Hattori, M., 2010. Complete Genome Sequence of the Wild-type Commensal Escherichia Coli Strain SE15, Belonging to Phylogenetic Group B2, Journal of Bacteriology, 192, 1165–1166.
- Tsunoda, K., Watanabe, H., Fukuda, K. ve Hagio, K., 2002. Effects of Zinc Borate on the Properties of Medium Density Fiberboard, Forest Products Journal, 52, 11-12, 62-65.
- Turkovich, R. ve Erwin, L., 1983. Fiber Fracture in Reinforced Thermoplastic Processing, Polymer Engineering and Science, 23, 13, 743-749.
- URL-1, <http://www.plastemart.com/Plastic-Technical-Article.asp?LiteratureID=1581>, 20.08.2011.
- URL-2, <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>, 20.08.2011.
- URL-3, <http://en.wikipedia.org/wiki/Plastic>, 20.08.2011.
- URL-4, http://www.plasticseurope.org/documents/document/20101028135906-final_plasticsthefacts_26102010_lr.pdf, 20.08.2011.
- URL-5, <http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/plastikmalzeme/Polimerler.pdf>, 20.08.2011.
- URL-6, <http://www.kalitesistem.com/dioksin-nedir.html>. 20.08.2011.
- URL-7, <http://www.scribd.com/doc/2670117/POLETLEN>. 20.08.2011.
- URL-8, Wood Plastic Composite Decking Manufacturing Process., http://firecenter.berkeley.edu/bwmg/docs/BMWG_Decks_WPC_CourtesyWSU.pdf. 20.08.2011.
- URL-9, http://www.appropedia.org/Wood-Plastic_Composite_Fabrication. 20.08.2011.

- URL-10, <http://www.plastemart.com/upload/Literature/Wood-Plastic-Composites-WPC-to-grow-double-digit.asp>. 20.08.2011.
- URL-11, <http://www.matbase.com/material/wood/class4-5-10-years/yellow-pine/properties>. 20.08.2011.
- Ustaomer, D., 2008. Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uzun, B.B., Apaydin Varol, E., Ateş, F., Ozbay, N. ve Putun, A.E., 2010. Synthetic Fuel Production from Tea Waste: Characterization of Bio-oil and Bio-char, Fuel, 89, 176–184.
- Verhey, S.A., Laks, P. ve Richter, D.L., 2001. Laboratory Decay Resistance of Woodfiber/thermoplastic Composites, Forest Product Journal, 51, 9, 44-49.
- Verhey, S.A. ve Laks, P.E., 2002. Wood Particle Size Affects the Decay Resistance of Woodfiber/thermoplastic Composites, Composites and Manufactured Products, Forest Products Journal, 52, 11-12, 78-81.
- Vilkki, M., 2006. WPC Processing-Products-Applications, The Finnish-Swedish Wood Material Science and Engineering Research Programme's Annual Seminar, Helsinki.
- Wang, W. ve Morrell, J.J., 2004. Water Sorption Characteristics of Two Wood-plastic Composites, Forest Products Journal, 54, 12, 209–212.
- Wang, F., Wang, Q. ve Wang, X., 2010. Progress in Research on Fire Retardant-Treated Wood and Wood-Based Composites: A Chinese Perspective, Forest Products Journal, 60, 7-8, 668-678.
- Ward, I.M. ve Hadley, D.W., 1993. Mechanical Properties of Solid Polimers, John Wiley&Sons LTD, Chichester, England.
- Weil, E.D. ve Zhu, W., 1995. Some Practical and Theoretical Aspects of Melamine as a Flame Retardant, Chapter 13, Fire and Polymers II, ACS Symposium Series, Newyork, 199–216.
- Weil, E.D., 2000. Fire Retardancy of Polymeric Materials: Synergists, Adjuvants, and Antagonists in Flame-retardant Systems, Ed. Grand, A.F., Wilkie C.A., New York: Marcel Dekker, Inc., 115.
- Wilkie, C.A., 2005. An Introduction to the Use of Fillers and Nanocomposites in Fire Retardancy (Invited Review), Chapter 1, Fire Retardancy of Polymers New Applications of Mineral Fillers, Ed. Bras, M.L., Wilkie, C.A., Bourbigot, S., The Royal Society of Chemistry, UK, Cambridge, 1-18.

- Wolcott, M.P. ve Englund, K., 1999. A Technology Review of Wood-plastic Composite, Proceeding of 33rd International Particleboard/ Composite Materials Symposium, Washington, USA, 103-111.
- Wolcott, M. P., 2003. Formulation and Process Development of Flat-pressed Wood-polyethylene Composites, Forest Products Journal, 53, 9, 25-32.
- Wolcott, M.P. ve Smith, P.M., 2004. Opportunities and Challenges for Wood-plastic Composites in Structural Applications. In Proceedings of Progress in Wood-Plastic Composites Conference, Toronto, ON.
- Xu, M. ve Li, S., 2007. Impact of Coupling Agent on Properties of Wood-plastic Composite, Frontiers of Forestry in China, 2, 3, 347-349.
- Yalınkılıç, M.K., Imamura, Y., Takahashi, M., Kalaycıoğlu, H., Nemli, G., Demirci, Z. ve Özdemir, T., 1998. Biological, Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Waste Tea Leaves, Biodeterioration and Biodegradation, 41, 75–84.
- Yam, K.L., Gogoi, B.K., Lai, C.C. ve Selke, S.E., 1990. Composites from Compounding Wood Fibers Recycled High-density Polyethylene, Polymer Engineering and Science, 30,11, 693-699.
- Yamaguchi, H., 2003. Silicic Acid: Boric Acid Complex as Wood Preservatives, Wood Science Technology, 37, 287-297.
- Yang, Y., Shi, X. ve Zhao, R., 1999. Flame Retardancy Behavior of Zinc Borate, Journal of Fire Sciences, 17, 355–361.
- Yang, W.B., Li, J. ve Liu, Y.X., 2005b. Study on Plant Fiber/plastic Composites as the Substrate of Floorboard, Journal of Forestry Research, 16, 3, 245-246.
- Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S. ve Kim, H.J., 2005a. Thermal Properties of Lignocellulosic Filler-Thermoplastic Polymer Bio-Composites, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 82, 157–160.
- Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J. ve Hwang, T.S., 2007. Effect of Compatibilizing Agents on Rice-husk Flour Reinforced Polypropylene Composites, Composite Structures ,77, 45–55.
- Yeh, J.T., Yang, H.M. ve Huang, S.S., 1995. Combustion of Polyethylene Filled with Metallic Hydroxides and Crosslinkable Polyethylene, Polymer Degradation and Stability, 50, 229– 234.
- Yeh, J. T., Yang, M.J. ve Hsieh, S. H., 1998. Combustion of Polyethylenes Filled with Metallic Hydroxides and Ethylene Vinyl Acetate Copolymer, Polymer Degradation and Stability, 61, 465-472.

- Yeh, S.K. ve Gupta, R.K., 2007. Effect of Processing Variables on Water Absorption by PP-based Wood-plastic Composites, 9th International Conference on Wood & Biofiber Plastic Composites, WI.
- Youngquist, J.A., 1995. Unlikely Partners?, The Marriage of Wood and Nonwood Materials, Forest Products Journal, 45, 10, 25-30.
- Zabihzadeh, S.M., 2010. Flexural Properties and Orthotropic Swelling Behavior of Bagasse/thermoplastic Composites, Bioresources, 5, 2, 650-660.
- Zaini, M. J., Fuad, M. Y. A., Ismail, Z., Mansor, M. S. ve Mustafah, J., 1996. The Effect of Filler Content and Size on the Mechanical Properties of Polypropylene/oil Palm Wood Flour Composites, Polymer International, 40, 51-55.
- Zhang, F., Endo, T., Qiu, W., Yang, L. ve Hirotsu, T., 2002. Preparation and Mechanical Properties of Composite of Fibrous Cellulose and Maleated Ppolyethylene, Journal of Applied Polymer Science, 84, 1971–1980.
- Zhang, S.Y., Zhang, Y., Bousmina, M., Sain, M. ve Choi, P., 2007. Effects of Raw Fiber Materials, Fiber Content, and Coupling Agent Content on Selected Properties of Polyethylene/wood Fiber Composites, Polymer Engineering&Science, 47, 10, 1678-1687.
- Zhang, Y., Zhang, S.Y. ve Choi, P., 2008. Effects of Wood Fiber Content and Coupling Agent Content on Tensile Properties of Wood Fiber Polyethylene Composites, Holz als Roh-und Werkstoff, 66, 267–274.
- Zhang, J., Park, C.B., Rizvi, G.M., Huang, H. ve Guo, Q. 2009. Investigation on the Uniformity of High-Density Polyethylene/Wood Fiber Composites in a Twin-Screw Extruder, Journal of Applied Polymer Science, 113, 2081–2089.

Ek Tablo 2. MDF zımpara tozu ve termoplastik polimerlerden üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

Termoplastik Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	
Kontrol	Saf YYPE	X	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
		S	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Saf PP	X	0.02	0.15	0.15	0.19	0.20	0.21	0.21	0.23	0.23	0.23	0.23	0.44	0.53	0.64	0.54	0.51
		S	0.03	0.17	0.17	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.32	0.51	0.64	0.65	0.63
YYPE	L1	X	0.10	0.23	0.29	0.52	0.56	0.66	0.74	1.19	1.38	1.58	1.68	1.93	2.05	2.10	2.11	2.12
		S	0.03	0.05	0.06	0.12	0.14	0.15	0.15	0.22	0.26	0.37	0.38	0.16	0.21	0.19	0.19	0.19
	L2	X	0.12	0.39	0.58	0.83	1.03	1.16	1.35	1.88	2.19	2.50	2.94	3.42	3.92	4.12	4.14	4.15
		S	0.05	0.07	0.09	0.26	0.29	0.28	0.31	0.22	0.23	0.23	0.27	0.53	0.45	0.53	0.53	0.52
	L3	X	0.14	0.52	0.74	1.05	1.08	1.23	1.52	2.21	2.34	2.47	2.96	3.52	4.03	4.50	4.72	4.93
		S	0.03	0.09	0.17	0.32	0.32	0.33	0.58	0.59	0.41	0.28	0.67	0.50	0.54	0.53	0.68	0.68
	L4	X	0.32	0.91	1.29	1.55	1.66	1.93	2.00	2.78	3.21	3.64	3.99	5.45	6.71	7.72	8.35	9.23
		S	0.07	0.10	0.14	0.09	0.17	0.25	0.19	0.14	0.22	0.35	0.32	0.31	0.55	0.57	0.51	0.65
	L5	X	0.71	1.86	2.51	2.80	3.00	3.31	3.55	4.74	5.27	5.79	6.88	9.88	11.88	12.43	12.43	12.41
		S	0.13	0.21	0.29	0.36	0.43	0.37	0.37	0.43	0.51	0.64	0.65	0.79	0.72	0.48	0.48	0.47
L6	X	0.06	0.10	0.26	0.63	0.74	0.85	0.94	1.09	1.21	1.33	1.44	1.70	1.94	1.98	1.99	2.02	
	S	0.03	0.02	0.04	0.15	0.18	0.20	0.24	0.43	0.39	0.36	0.33	0.34	0.38	0.37	0.38	0.38	
L7	X	0.25	0.45	0.61	1.05	1.15	1.27	1.33	1.71	1.83	1.96	2.17	2.65	3.13	3.19	3.19	3.30	
	S	0.08	0.07	0.07	0.32	0.30	0.32	0.32	0.50	0.54	0.59	0.47	0.51	0.54	0.49	0.49	0.52	
L8	X	0.26	0.81	1.21	1.82	2.12	2.42	2.59	3.29	3.54	3.78	4.35	5.45	6.39	7.02	7.35	8.09	
	S	0.05	0.12	0.19	0.39	0.56	0.55	0.59	0.76	0.69	0.64	0.79	0.84	0.95	0.97	0.97	0.75	
L9	X	0.50	1.43	2.08	2.78	3.10	3.46	3.66	5.33	5.99	6.64	7.81	11.16	12.56	12.76	12.76	12.76	
	S	0.18	0.30	0.47	0.35	0.42	0.44	0.34	0.32	0.28	0.25	0.37	0.71	1.11	1.27	1.27	1.27	
L10	X	0.71	2.24	3.34	4.25	4.92	5.58	6.16	9.26	10.40	11.53	12.62	13.59	13.88	13.88	13.88	13.88	
	S	0.09	0.19	0.44	0.47	0.58	0.47	0.63	1.03	1.07	1.10	1.18	0.64	0.52	0.52	0.52	0.52	

Ek Tablo 3. ay fabrikası atıkları ve termoplastik polimerlerden üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artış oranları

Termoplastik Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	
Kontrol	Saf YYPE	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Saf PP	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
YYPE	Ç1	X	0.09	0.13	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.22	0.22	0.22	0.30	0.34	0.43
		S	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.11	0.18	0.14
	Ç2	X	0.11	0.23	0.27	0.38	0.46	0.51	0.55	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.78	0.93	1.10
		S	0.11	0.11	0.09	0.18	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.21	0.24	0.38
	Ç3	X	0.30	0.46	0.65	0.76	0.76	0.79	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.22	1.33	1.57	1.84
		S	0.19	0.11	0.15	0.11	0.11	0.09	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.24	0.25	0.17	0.19
	Ç4	X	0.41	0.78	0.86	0.94	0.96	1.11	1.15	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.68	1.72	2.13	2.49
		S	0.01	0.18	0.18	0.29	0.32	0.44	0.39	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.58	0.62	0.63	0.68
	Ç5	X	0.48	1.05	1.05	1.25	1.25	1.41	1.49	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.46	2.74	3.38	3.58
		S	0.18	0.40	0.33	0.33	0.33	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.59	0.62	0.60	0.57
Ç6	X	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.16	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.32	0.36	0.36	
	S	0.00	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11	0.09	0.09	
Ç7	X	0.00	0.09	0.21	0.21	0.21	0.30	0.30	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.55	0.72	0.80	
	S	0.00	0.12	0.15	0.15	0.15	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.18	0.24	0.24	0.18	
Ç8	X	0.00	0.20	0.28	0.42	0.53	0.65	0.65	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	1.14	1.26	1.66	1.91	
	S	0.00	0.14	0.12	0.05	0.12	0.18	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.29	0.52	0.65	
Ç9	X	0.33	0.67	0.91	1.20	1.45	1.62	1.70	2.16	2.24	2.24	2.24	2.24	2.58	2.87	3.32	3.37	
	S	0.19	0.18	0.18	0.34	0.38	0.46	0.52	0.39	0.47	0.47	0.47	0.47	0.53	0.70	0.48	0.51	
Ç10	X	0.37	1.10	1.10	1.43	1.62	1.80	1.91	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.98	3.16	3.49	3.49	
	S	0.13	0.29	0.27	0.21	0.25	0.36	0.45	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.69	0.85	0.69	0.69	

Ek Tablo 4. MDF zımpara tozu ve termoplastik polimerlerden üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artış oranları

Termoplastik Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																	
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay		
Kontrol	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
YYPE	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	X	0.00	0.04	0.04	0.08	0.12	0.16	0.16	0.29	0.33	0.37	0.49	0.53	0.53	0.65	0.65	0.65	0.65	
	S	0.00	0.09	0.09	0.11	0.11	0.09	0.09	0.12	0.14	0.18	0.19	0.12	0.12	0.27	0.27	0.27	0.27	
	X	0.00	0.20	0.20	0.29	0.29	0.33	0.41	0.53	0.60	0.67	0.76	0.96	1.00	1.14	1.22	1.22	1.22	
	S	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.11	0.21	0.19	0.16	0.14	0.20	0.20	0.19	0.28	0.29	0.29	0.29	
	X	0.08	0.23	0.31	0.39	0.43	0.53	0.57	0.78	0.98	1.17	1.25	1.56	1.91	2.13	2.31	2.31	2.31	
	S	0.08	0.08	0.08	0.01	0.08	0.09	0.05	0.07	0.09	0.15	0.23	0.30	0.39	0.36	0.31	0.31	0.31	
	X	0.17	0.50	0.71	0.79	0.83	0.91	1.00	1.37	1.52	1.66	1.99	2.68	3.15	3.28	3.28	3.28	3.28	
	S	0.09	0.19	0.19	0.10	0.16	0.20	0.24	0.25	0.28	0.31	0.26	0.30	0.21	0.24	0.24	0.24	0.24	
YYPE	X	0.00	0.08	0.08	0.13	0.13	0.21	0.25	0.30	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.38	0.38	0.38	
	S	0.00	0.11	0.11	0.19	0.19	0.30	0.28	0.29	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.38	0.38	0.38	
	X	0.00	0.12	0.20	0.24	0.28	0.28	0.28	0.36	0.36	0.36	0.36	0.44	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
	S	0.00	0.17	0.19	0.16	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
	X	0.00	0.16	0.28	0.32	0.32	0.32	0.36	0.52	0.56	0.60	0.64	0.84	1.00	1.04	1.16	1.24	1.24	
	S	0.00	0.09	0.11	0.18	0.18	0.18	0.17	0.11	0.11	0.13	0.16	0.16	0.14	0.16	0.17	0.17	0.16	
	X	0.00	0.24	0.31	0.39	0.39	0.51	0.63	0.94	1.12	1.30	1.53	2.08	2.36	2.40	2.40	2.40	2.40	
	S	0.00	0.09	0.11	0.19	0.19	0.33	0.49	0.47	0.53	0.59	0.50	0.50	0.53	0.46	0.46	0.46	0.46	
	X	0.12	0.43	0.76	0.98	1.13	1.25	1.33	1.97	2.19	2.42	2.65	2.90	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
	S	0.11	0.09	0.15	0.20	0.23	0.12	0.12	0.26	0.27	0.30	0.32	0.28	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	

Ek Tablo 5. ay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler ve uyumsuzluk gidericiler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

Uyumsuzluk Giderici Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	
Kontrol	Ç4*	X	0.52	1.68	2.25	2.94	3.28	3.66	3.84	5.13	5.13	7.11	9.76	11.65	12.84	13.45	14.25	
		S	0.15	0.29	0.28	0.30	0.43	0.51	0.61	0.61	0.73	0.80	1.23	1.40	1.33	1.03	0.90	
	Ç9**	X	0.51	2.13	3.84	5.41	6.35	7.19	7.70	10.97	11.33	13.50	15.72	18.81	19.09	19.09	19.09	
		S	0.07	0.28	0.47	0.74	0.93	1.07	1.10	1.49	1.68	1.78	2.15	0.50	0.51	0.51	0.51	
MAPE	Ç11*	X	0.31	1.32	1.93	2.58	2.96	3.61	3.91	4.22	5.33	6.22	8.98	10.39	11.45	12.66	13.36	
		S	0.09	0.12	0.31	0.24	0.29	0.28	0.37	0.44	0.58	0.79	1.04	1.28	1.42	1.25	1.20	
	Ç12*	X	0.30	0.96	1.39	1.77	2.14	2.44	2.58	2.78	3.50	4.03	4.45	5.76	6.70	7.37	8.09	8.92
		S	0.06	0.19	0.24	0.29	0.26	0.44	0.34	0.33	0.46	0.54	0.59	0.64	0.88	0.93	1.10	1.17
MAPP	Ç13*	X	0.30	0.94	1.37	1.79	2.22	2.49	2.57	2.80	3.68	4.16	4.50	6.11	7.13	8.07	8.87	9.85
		S	0.05	0.16	0.12	0.22	0.45	0.27	0.26	0.18	0.52	0.33	0.54	0.70	0.71	0.99	1.21	1.25
	Ç14**	X	0.49	2.04	3.36	4.42	5.28	6.13	6.87	7.60	9.79	11.87	13.30	16.00	16.40	16.40	16.48	16.60
		S	0.09	0.17	0.20	0.24	0.28	0.36	0.33	0.30	0.59	0.82	0.79	0.80	0.81	0.81	0.78	0.74
MAPP	Ç15**	X	0.43	1.38	2.77	3.75	4.81	5.86	6.76	7.49	8.57	9.53	10.57	11.07	11.71	11.78	11.84	11.97
		S	0.17	0.25	0.57	0.75	0.88	0.75	0.57	0.47	0.69	1.04	1.54	1.61	1.80	1.78	1.73	1.64
	Ç16**	X	0.51	1.91	3.43	4.35	5.64	6.94	7.67	8.48	10.13	11.04	12.28	13.50	13.94	14.50	14.88	14.60
		S	0.10	0.36	1.20	1.31	1.51	1.36	1.21	1.30	2.13	2.88	2.94	3.32	3.16	3.02	3.04	3.02

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 6. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler ve uyumsuzluk gidericiler ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

Uyumsuzluk Giderici Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																	
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay		
Kontrol	L4*	X	0.32	0.91	1.29	1.55	1.66	1.93	2.00	2.78	3.21	3.64	3.99	5.45	6.71	7.72	8.35	9.23	
		S	0.07	0.10	0.14	0.09	0.17	0.25	0.19	0.14	0.22	0.35	0.32	0.31	0.55	0.57	0.51	0.65	
	L9**	X	0.50	1.43	2.08	2.78	3.10	3.46	3.66	5.33	5.99	6.64	7.81	11.16	12.56	12.76	12.76	12.76	
		S	0.18	0.30	0.47	0.35	0.42	0.44	0.34	0.32	0.28	0.25	0.37	0.71	1.11	1.27	1.27	1.27	
MAPE	L11*	X	0.21	0.82	1.01	1.34	1.67	1.79	1.83	2.05	2.47	2.80	2.99	3.26	3.75	4.00	4.54	4.59	
		S	0.08	0.10	0.16	0.11	0.40	0.55	0.38	0.35	0.06	0.24	0.23	0.52	0.58	0.67	0.40	0.42	
	L12*	X	0.14	0.57	0.83	1.09	1.54	1.60	1.60	1.95	2.35	2.53	2.66	3.16	3.21	3.55	3.86	3.97	
		S	0.06	0.10	0.15	0.22	0.34	0.35	0.31	0.20	0.42	0.33	0.36	0.33	0.42	0.60	0.51	0.54	
MAPP	L13*	X	0.19	0.69	1.23	1.60	1.96	2.17	2.42	2.58	3.13	4.24	4.37	5.12	5.37	5.72	5.86	5.86	
		S	0.04	0.31	0.16	0.48	0.74	0.94	0.81	0.98	0.97	1.00	0.83	0.53	0.38	0.48	0.63	0.63	
	L14**	X	0.22	1.06	1.99	2.50	3.13	3.51	3.99	4.39	5.65	6.81	7.68	8.27	8.74	8.79	8.81	8.83	
		S	0.07	0.22	0.26	0.46	0.52	0.56	0.61	0.61	0.32	0.49	0.56	0.45	0.69	0.70	0.69	0.68	
MAPP	L15**	X	0.22	0.75	1.43	1.99	2.80	3.47	3.93	4.25	4.88	5.54	6.29	7.04	7.81	7.91	8.05	8.06	
		S	0.08	0.13	0.30	0.21	0.44	0.57	0.63	0.80	0.97	0.97	0.99	0.83	1.14	1.12	1.23	1.24	
	L16**	X	0.15	0.77	1.38	1.64	2.05	2.54	2.99	3.51	4.17	4.91	5.61	6.54	7.27	7.75	7.90	7.90	
		S	0.10	0.22	0.57	0.52	0.68	1.08	1.33	1.74	1.52	1.46	1.54	1.46	1.16	1.13	1.20	1.20	

**YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 7. ay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler ve uyumsuzluk gidericiler ile üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artış oranları

Uyumsuzluk Giderici Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	
Kontrol	Ç4*	X	0.41	0.78	0.86	0.94	0.96	1.11	1.15	1.43	1.43	1.68	1.72	2.13	2.49	2.70	2.82	2.86
		S	0.01	0.18	0.18	0.29	0.32	0.44	0.39	0.51	0.51	0.58	0.62	0.63	0.68	0.69	0.58	0.55
	Ç9**	X	0.33	0.63	0.83	1.12	1.37	1.54	1.58	2.04	2.12	2.49	2.83	3.28	3.33	3.33	3.33	3.33
		S	0.19	0.21	0.21	0.37	0.42	0.49	0.55	0.37	0.47	0.55	0.71	0.49	0.53	0.53	0.53	0.53
MAPE	Ç11*	X	0.00	0.13	0.17	0.29	0.33	0.50	0.54	0.54	0.78	0.95	1.07	1.48	1.77	1.94	2.23	2.27
		S	0.00	0.11	0.17	0.19	0.12	0.19	0.24	0.24	0.19	0.20	0.19	0.20	0.20	0.26	0.34	0.43
	Ç12*	X	0.00	0.06	0.16	0.26	0.33	0.35	0.35	0.41	0.55	0.65	0.67	0.86	1.06	1.22	1.33	1.41
		S	0.00	0.09	0.17	0.14	0.17	0.17	0.17	0.29	0.27	0.34	0.34	0.34	0.35	0.47	0.53	0.47
MAPP	Ç13*	X	0.00	0.09	0.26	0.52	0.56	0.69	0.82	1.00	1.12	1.12	1.12	1.30	1.43	1.65	1.69	1.73
		S	0.00	0.20	0.29	0.39	0.36	0.42	0.42	0.48	0.54	0.54	0.54	0.64	0.72	0.60	0.64	0.69
	Ç14**	X	0.33	0.49	0.90	1.23	1.48	1.64	1.81	1.97	2.10	2.26	2.34	2.51	2.59	2.59	2.59	2.59
		S	0.23	0.31	0.59	0.52	0.50	0.50	0.64	0.55	0.49	0.52	0.42	0.37	0.31	0.31	0.31	0.31
MAPP	Ç15**	X	0.08	0.39	0.78	1.02	1.26	1.34	1.43	1.59	1.83	2.00	2.12	2.20	2.24	2.24	2.28	2.28
		S	0.11	0.15	0.27	0.33	0.31	0.24	0.22	0.31	0.47	0.48	0.55	0.51	0.50	0.50	0.53	0.53
	Ç16**	X	0.08	0.34	0.68	0.83	1.14	1.25	1.32	1.44	1.55	1.62	1.78	1.85	1.85	1.89	1.89	1.89
		S	0.10	0.16	0.25	0.29	0.33	0.28	0.26	0.34	0.35	0.38	0.38	0.42	0.42	0.43	0.43	0.43

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 8. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler ve uyumsuzluk gidericiler ile üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artışı oranları

Uyumsuzluk Giderici Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																	
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay		
Kontrol	L4*	X	0.08	0.23	0.31	0.39	0.43	0.53	0.57	0.78	0.98	1.17	1.25	1.56	1.91	2.13	2.31	2.31	
		S	0.08	0.08	0.08	0.01	0.08	0.09	0.05	0.07	0.09	0.15	0.23	0.30	0.39	0.36	0.31	0.31	
	L9**	X	0.00	0.24	0.31	0.39	0.39	0.51	0.63	0.94	1.12	1.30	1.53	2.08	2.36	2.40	2.40	2.40	
		S	0.00	0.09	0.11	0.19	0.19	0.33	0.49	0.47	0.53	0.59	0.50	0.50	0.53	0.46	0.46	0.46	
MAPE	L11*	X	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.37	0.37	0.41	0.41	0.45	0.45	0.49	0.57	0.57	0.65	0.65	
		S	0.09	0.11	0.11	0.17	0.14	0.09	0.09	0.15	0.15	0.17	0.17	0.23	0.22	0.22	0.27	0.27	
	L12*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.18	0.27	0.32	0.32	0.32	0.36	0.41	0.41	0.41	
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.19	0.10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10	0.24	
MAPP	L13*	X	0.00	0.09	0.22	0.35	0.48	0.52	0.57	0.74	0.91	0.96	1.05	1.35	1.35	1.48	1.48	1.70	
		S	0.00	0.12	0.00	0.12	0.18	0.25	0.19	0.36	0.28	0.25	0.18	0.36	0.36	0.36	0.36	0.24	
	L14**	X	0.04	0.17	0.50	0.46	0.76	0.76	0.76	0.88	1.05	1.35	1.56	1.64	1.69	1.73	1.77	1.82	
		S	0.09	0.18	0.24	0.37	0.48	0.48	0.48	0.37	0.33	0.35	0.19	0.24	0.31	0.32	0.33	0.37	
MAPP	L15**	X	0.04	0.16	0.31	0.39	0.62	0.64	0.75	0.93	0.99	1.08	1.16	1.25	1.29	1.29	1.29	1.50	
		S	0.09	0.17	0.10	0.12	0.02	0.06	0.13	0.24	0.26	0.28	0.33	0.41	0.48	0.48	0.48	0.41	
	L16**	X	0.00	0.17	0.34	0.43	0.55	0.70	0.78	0.83	0.98	1.07	1.11	1.36	1.49	1.62	1.62	1.62	
		S	0.00	0.10	0.20	0.15	0.24	0.17	0.25	0.28	0.25	0.23	0.23	0.19	0.22	0.32	0.32	0.32	

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 9. ay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ve yangın geciktirici kimyasallar ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

YGM Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																	
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay		
Kontrol	Ç4*	X	0.52	1.68	2.25	2.94	3.28	3.66	3.84	5.13	5.13	6.23	7.11	9.76	11.65	12.84	13.45	14.25	
		S	0.15	0.29	0.28	0.30	0.43	0.51	0.61	0.61	0.61	0.73	0.80	1.23	1.40	1.33	1.03	0.90	
	Ç9**	X	0.51	2.13	3.84	5.41	6.35	7.19	7.70	10.97	11.33	13.50	15.72	18.81	19.09	19.09	19.09	19.09	19.09
		S	0.07	0.28	0.47	0.74	0.93	1.07	1.10	1.49	1.68	1.78	2.15	2.15	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51
ATH	Ç12*	X	0.30	0.96	1.39	1.77	2.14	2.44	2.58	2.78	3.50	4.03	4.45	5.76	6.70	7.37	8.09	8.92	
		S	0.06	0.19	0.24	0.29	0.26	0.44	0.34	0.33	0.46	0.54	0.59	0.64	0.88	0.93	1.10	1.17	
	Ç15**	X	0.42	1.78	3.27	4.44	5.65	6.54	7.44	8.29	10.19	10.68	11.54	12.33	13.16	13.48	13.86	14.06	
		S	0.22	0.68	0.80	1.22	1.73	1.46	1.11	1.17	1.04	1.05	0.99	0.61	0.73	0.64	0.62	0.42	
ATH	Ç17*	X	0.15	0.54	1.06	1.69	2.00	2.19	2.55	2.86	3.65	4.14	4.67	5.66	6.25	6.74	7.82	7.97	
		S	0.12	0.42	0.39	0.66	0.52	0.36	0.67	0.82	0.61	0.82	0.95	0.84	1.12	1.18	1.16	1.07	
	Ç18*	X	0.15	0.72	1.05	1.67	1.98	2.18	2.27	2.40	3.23	3.72	4.35	5.39	6.26	7.10	7.35	7.52	
		S	0.11	0.22	0.27	0.45	0.32	0.39	0.45	0.47	0.53	0.58	0.65	0.85	0.81	1.00	1.04	1.14	
ATH	Ç19**	X	0.38	1.74	3.05	4.09	5.33	5.88	6.45	7.20	9.08	10.19	11.09	11.68	12.54	12.85	13.17	13.32	
		S	0.22	0.77	0.92	0.85	0.50	0.47	0.53	0.43	0.71	1.16	1.67	1.37	1.43	1.49	1.24	1.00	
	Ç20**	X	0.35	1.60	2.51	3.20	3.91	4.23	4.59	5.10	7.15	8.46	9.60	11.65	12.16	12.58	12.67	12.79	
		S	0.07	0.22	0.32	0.36	0.38	0.41	0.32	0.36	0.50	0.43	0.52	0.56	0.82	1.02	1.14	1.29	
ÇB	Ç21*	X	0.24	0.79	1.30	1.75	2.19	2.27	2.56	3.09	3.09	4.21	4.60	5.45	6.22	7.40	7.75	7.99	
		S	0.06	0.33	0.53	0.77	0.70	0.79	0.70	0.88	0.88	0.86	1.13	1.63	1.90	1.43	1.18	1.31	
	Ç22*	X	0.19	0.68	0.78	1.33	1.38	1.48	1.69	1.93	2.93	3.42	4.33	4.81	5.27	6.17	6.52	6.82	
		S	0.13	0.25	0.30	0.48	0.54	0.44	0.52	0.73	1.25	1.50	1.39	1.68	1.98	1.32	1.54	1.50	
ÇB	Ç23**	X	0.38	1.57	2.42	3.22	3.94	4.21	4.51	5.06	6.25	8.00	9.10	10.63	11.66	12.37	13.15	13.69	
		S	0.22	0.46	0.77	1.06	1.26	1.39	1.49	1.60	2.25	2.62	2.37	2.31	2.36	2.25	2.32	2.32	
	Ç24**	X	0.29	1.29	2.03	2.89	3.40	3.80	4.12	4.66	6.16	7.17	8.33	9.51	11.07	11.82	12.59	12.84	
		S	0.12	0.45	0.58	0.41	0.46	0.56	0.55	0.66	0.53	0.63	0.85	1.21	1.09	0.83	0.79	0.74	

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 10. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, uyumsuzluk giderici ve yangın geciktirici kimyasallar ile üretilen levhaların uzun süreli su alma oranları

YGM Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay	
	L4*	X	0.32	0.91	1.29	1.55	1.66	1.93	2.00	2.78	3.21	3.64	3.99	5.45	6.71	7.72	8.35	9.23
		S	0.07	0.10	0.14	0.09	0.17	0.25	0.19	0.14	0.22	0.35	0.32	0.31	0.55	0.57	0.51	0.65
	L9**	X	0.50	1.43	2.08	2.78	3.10	3.46	3.66	5.33	5.99	6.64	7.81	11.16	12.56	12.76	12.76	12.76
		S	0.18	0.30	0.47	0.35	0.42	0.44	0.34	0.32	0.28	0.25	0.37	0.71	1.11	1.27	1.27	1.27
Kontrol	L12*	X	0.14	0.57	0.83	1.09	1.54	1.60	1.60	1.95	2.35	2.53	2.66	3.16	3.21	3.55	3.86	3.97
		S	0.06	0.10	0.15	0.22	0.34	0.35	0.31	0.20	0.42	0.33	0.36	0.33	0.42	0.60	0.51	0.54
	L15**	X	0.22	0.75	1.43	1.99	2.80	3.47	3.93	4.25	4.88	5.54	6.29	7.04	7.81	7.91	8.05	8.06
		S	0.08	0.13	0.30	0.21	0.44	0.57	0.63	0.80	0.97	0.97	0.99	0.83	1.14	1.12	1.23	1.24
	L17*	X	0.08	0.27	0.54	0.56	0.62	0.79	0.81	0.87	1.18	1.27	1.55	1.94	2.20	2.56	2.85	3.02
		S	0.02	0.04	0.09	0.10	0.10	0.24	0.13	0.14	0.21	0.18	0.25	0.28	0.28	0.24	0.29	0.37
	L18*	X	0.07	0.15	0.24	0.30	0.31	0.39	0.41	0.44	0.60	0.68	0.85	1.08	1.24	1.39	1.60	1.67
		S	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.03
ATH	L19**	X	0.21	0.78	1.40	1.67	1.89	2.28	2.48	2.67	3.52	4.01	4.70	6.03	6.95	7.79	7.91	8.06
		S	0.11	0.21	0.35	0.45	0.35	0.45	0.70	0.79	0.91	0.96	1.16	1.34	1.36	1.62	1.58	1.44
	L20**	X	0.16	0.61	0.92	1.42	1.53	1.76	1.95	2.21	3.25	3.96	4.47	5.88	6.56	7.14	7.29	7.30
		S	0.05	0.29	0.32	0.74	0.67	0.86	0.95	1.00	1.28	1.38	1.21	0.84	0.60	0.42	0.41	0.40
	L21*	X	0.11	0.38	0.71	0.76	0.98	1.33	1.26	1.31	1.48	1.72	2.00	2.38	2.59	2.97	3.23	3.46
		S	0.04	0.04	0.21	0.24	0.34	0.29	0.20	0.21	0.13	0.17	0.14	0.20	0.23	0.19	0.22	0.23
	L22*	X	0.10	0.19	0.29	0.39	0.46	0.55	0.61	0.68	0.83	0.93	1.12	1.50	1.66	1.93	2.12	2.26
		S	0.03	0.04	0.06	0.13	0.17	0.17	0.14	0.16	0.15	0.10	0.13	0.19	0.23	0.16	0.19	0.19
ÇB	L23**	X	0.10	0.26	0.45	0.55	0.82	0.86	0.99	1.02	1.49	1.68	2.13	2.98	3.46	4.29	4.79	5.22
		S	0.05	0.05	0.08	0.08	0.21	0.17	0.18	0.21	0.22	0.29	0.36	0.44	0.46	0.57	0.56	0.66
	L24**	X	0.10	0.18	0.37	0.62	0.66	0.74	0.79	0.93	1.22	1.47	1.84	2.54	2.95	3.63	4.26	4.44
		S	0.03	0.04	0.07	0.16	0.14	0.10	0.11	0.19	0.11	0.11	0.16	0.19	0.15	0.36	0.40	0.36

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 11. Çay fabrikası atıkları, termoplastik polimerler, birleştirici ve yangın geciktirici kimyasallar ile üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artış oranları

YGM Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																		
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay			
Kontrol	Ç4*	X	0.41	0.78	0.86	0.94	0.96	1.11	1.15	1.43	1.43	1.43	1.68	1.72	2.13	2.49	2.70	2.82	2.86	
		S	0.01	0.18	0.18	0.29	0.32	0.44	0.39	0.51	0.51	0.51	0.58	0.62	0.63	0.68	0.69	0.58	0.55	0.55
	Ç9**	X	0.38	0.38	0.46	0.67	0.79	0.87	0.91	1.41	1.54	1.54	1.71	1.79	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37	2.37
		S	0.31	0.31	0.18	0.27	0.37	0.47	0.43	0.51	0.31	0.31	0.55	0.48	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	Ç12*	X	0.00	0.06	0.16	0.26	0.33	0.35	0.35	0.41	0.55	0.55	0.65	0.67	0.86	1.06	1.22	1.33	1.33	1.41
		S	0.00	0.09	0.17	0.14	0.17	0.17	0.17	0.29	0.27	0.34	0.34	0.34	0.35	0.47	0.53	0.47	0.47	0.49
Ç15**	X	0.08	0.39	0.78	1.02	1.26	1.34	1.43	1.59	1.83	1.83	2.00	2.12	2.20	2.24	2.24	2.28	2.28	2.28	
	S	0.11	0.15	0.27	0.33	0.31	0.24	0.22	0.31	0.47	0.47	0.48	0.55	0.51	0.50	0.50	0.53	0.53	0.53	
ATH	Ç17*	X	0.00	0.02	0.06	0.24	0.27	0.34	0.40	0.44	0.60	0.60	0.64	0.80	0.92	1.01	1.08	1.20	1.29	
		S	0.00	0.04	0.09	0.16	0.17	0.08	0.13	0.21	0.23	0.23	0.24	0.30	0.29	0.28	0.26	0.30	0.31	0.31
	Ç18*	X	0.00	0.04	0.10	0.25	0.33	0.33	0.42	0.44	0.54	0.54	0.58	0.67	0.88	1.04	1.13	1.17	1.21	
		S	0.00	0.06	0.10	0.18	0.12	0.12	0.21	0.19	0.19	0.19	0.23	0.18	0.31	0.39	0.44	0.44	0.44	0.46
	Ç19**	X	0.04	0.41	0.78	1.03	1.11	1.20	1.28	1.40	1.61	1.61	1.65	1.73	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86
		S	0.09	0.25	0.40	0.44	0.50	0.58	0.67	0.68	0.69	0.69	0.63	0.61	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Ç20**	X	0.04	0.40	0.44	0.76	0.88	1.00	1.04	1.12	1.32	1.32	1.32	1.36	1.61	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	
	S	0.09	0.14	0.22	0.30	0.24	0.39	0.34	0.37	0.31	0.31	0.31	0.34	0.39	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	
Ç21*	X	0.00	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.41	0.53	0.53	0.62	0.64	0.79	0.96	1.21	1.21	1.21	1.21	
	S	0.00	0.11	0.18	0.26	0.24	0.21	0.22	0.23	0.29	0.29	0.23	0.23	0.24	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	
Ç22*	X	0.00	0.04	0.14	0.25	0.29	0.34	0.34	0.38	0.54	0.54	0.62	0.83	0.87	0.96	1.04	1.13	1.13	1.13	
	S	0.00	0.06	0.09	0.17	0.19	0.25	0.25	0.28	0.35	0.35	0.33	0.33	0.31	0.35	0.31	0.44	0.44	0.44	
ÇB	Ç23**	X	0.12	0.16	0.31	0.35	0.39	0.43	0.47	0.59	0.66	0.74	0.82	0.82	0.82	0.82	0.86	0.90	0.93	
		S	0.11	0.17	0.18	0.26	0.35	0.33	0.41	0.47	0.42	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.36	0.38	
Ç24**	Ç24**	X	0.00	0.12	0.19	0.23	0.27	0.31	0.31	0.35	0.55	0.66	0.74	0.78	0.86	0.90	0.90	0.90	0.90	
		S	0.00	0.11	0.19	0.21	0.17	0.22	0.22	0.25	0.25	0.25	0.22	0.16	0.19	0.17	0.22	0.22	0.22	

**YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

Ek Tablo 12. MDF zımpara tozu, termoplastik polimerler, birleştirici ve yangın geciktirici kimyasallar ile üretilen levhaların uzun süreli kalınlık artış oranları

YGM Tipi	Levha Tipi	Suda Bekletme süresi																	
		2 saat	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün	2.hafta	3.hafta	4.hafta	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay	6.ay		
Kontrol	L4*	X	0.08	0.23	0.31	0.39	0.43	0.53	0.57	0.78	0.98	1.17	1.25	1.56	1.91	2.13	2.31	2.31	
		S	0.08	0.08	0.08	0.01	0.08	0.09	0.05	0.07	0.09	0.15	0.23	0.30	0.39	0.36	0.31	0.31	0.31
	L9**	X	0.00	0.24	0.31	0.39	0.39	0.51	0.63	0.94	1.12	1.30	1.53	2.08	2.36	2.40	2.40	2.40	2.40
		S	0.00	0.09	0.11	0.19	0.19	0.33	0.49	0.47	0.53	0.59	0.50	0.50	0.50	0.53	0.46	0.46	0.46
	L12*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.18	0.27	0.32	0.32	0.32	0.36	0.41	0.45	0.45	0.45
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.19	0.10	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.15	0.15	0.15
L15**	X	0.04	0.16	0.31	0.39	0.62	0.64	0.75	0.93	0.99	1.08	1.16	1.25	1.29	1.29	1.29	1.50	1.50	
	S	0.09	0.17	0.10	0.12	0.02	0.06	0.13	0.24	0.26	0.28	0.33	0.41	0.48	0.48	0.48	0.41	0.41	0.41
ATH	L17*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.13	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.31	0.31	0.31	0.31
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.12	0.12	0.12
	L18*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.09	0.09	0.11	0.21	0.21	0.21
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12	0.16	0.12	0.12	0.12
	L19**	X	0.04	0.09	0.17	0.17	0.17	0.21	0.26	0.26	0.43	0.43	0.64	0.93	1.10	1.27	1.32	1.32	1.32
		S	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.15	0.24	0.24	0.30	0.30	0.31	0.40	0.48	0.54	0.55	0.55	0.55
L20**	X	0.00	0.04	0.04	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.40	0.49	0.57	0.84	1.02	1.24	1.24	1.24	
	S	0.00	0.10	0.10	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.27	0.29	0.36	0.39	0.40	0.40	0.36	0.36	0.36	
ÇB	L21*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.17	0.17	0.17	0.26	0.26	0.30	0.30	0.30	
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.12	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.11	0.11	0.11	0.11
	L22*	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.13	0.18	0.18	0.18	0.18	
		S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	L23**	X	0.04	0.17	0.17	0.17	0.30	0.30	0.30	0.30	0.38	0.38	0.42	0.47	0.47	0.55	0.68	0.85	
		S	0.10	0.18	0.18	0.18	0.12	0.12	0.12	0.12	0.27	0.27	0.25	0.34	0.34	0.43	0.34	0.39	
L24**	X	0.04	0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.26	0.39	0.44	0.57	0.62	0.62		
	S	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.18	0.15	0.12	0.19	0.19		

*YYPE ile üretilen levhalar ** PP ile üretilen levhalar

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Malatya’da doğan Ayfer Dönmez ÇAVDAR, ilk ve orta öğrenimini Malatya’da tamamladı. 2001 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başlayarak, Aralık 2002’de K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Araştırma Görevlisi olarak atandı. Yüksek lisans öğrenimini 2005’de tamamlayarak aynı yıl doktora öğrenimine başladı. 2005-2006 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde Amerika’da Oklahoma State Üniversitesi’nde 3 ay ziyaretçi öğrenci statüsünde araştırmalarda bulundu. Kendisi halen K.T.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde görevini sürdürmektedir. Evli olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Tez çalışmasından SCI kapsamındaki dergide yayınlanmış olan makale aşağıda belirtilmiştir:

- Dönmez Çavdar, A., Kalaycıoğlu, H. ve Mengeloğlu, F., 2011. Tea Mill Waste Fibers Filled Thermoplastic Composites: The Effects of Plastic Type and Fiber Loading, Journal of Reinforced Plastics and Composites, DOI: 10.1177/0731684411408752.