

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**ATIK MDF'LERİN MDF ÜRETİMİNDE
YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

EMRE UZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Saim ATEŞ

KASTAMONU 2018

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATIK MDF'LERİN MDF ÜRETİMİNDE YENİDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Emre UZER

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Saim ATEŞ
Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZKINALI
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

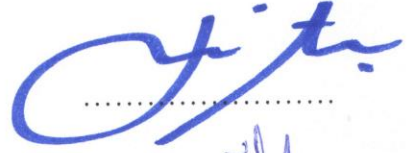
KASTAMONU 2018

TEZ ONAYI

Emre UZER tarafından hazırlanan “Atık MDF’lerin MDF Üretiminde Yeniden Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Saim ATEŞ
Kastamonu Üniversitesi



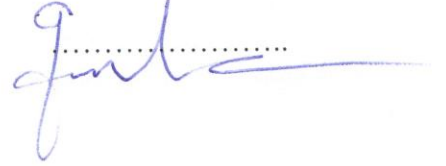
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZKINALI
Hitit Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR
Kastamonu Üniversitesi



28/09/2018

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Hasbi YAPRAK



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildirir ve taahhüt ederim.


Emre UZER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATIK MDF'LERİN MDF ÜRETİMİNDE YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emre UZER
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Saim ATEŞ

Bu tez çalışmasında orta yoğunluklu lif levhaların farklı geri dönüşüm metotları ile geri dönüştürülmüş liflerinin boyutları ve bu liflerden üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. %100 Kayın lifi ve %70 kayın+%30 çam lifinden yapılmış lif levhalara fosforik asit, formik asit, amonyum klorür ve amonyum sülfat termo kimyasal yöntem ve mikrodalga metodu olmak üzere beş farklı geri dönüşüm işlemi uygulanarak lif üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen liflerden laboratuvar koşullarında deney numunelerinin elde edileceği lif levhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların eğilme direnci (MOR), elastikiyet modülü (MOE), su alma ve kalınlığına şişme değerleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak asidik yöntemler lif boyutlarında anlamlı derecede azalmaya sebep olmuş, sadece fosforik asit uygulanan %100 kayın liflerinden düzgün levha elde edilmiştir. Buna ek olarak, termo mekanik yöntem ve mikrodalga metotları lif boyutlarını ve levha değerlerini anlamsız derecede etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Lif levha, geri dönüşüm

2018, 68 Sayfa

Bilim Kodu: 1204

ABSTRACT

MSc. Thesis

RECONSTRUCTION OF MDF BOARD WASTES IN MDF PRODUCTION

Emre UZER
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forestry Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Saim ATES

In this thesis study, effects of different Medium Density Fiberboard (MDF) recycling processes on fiber length distribution and some technical board properties have been investigated. Five different recycling methods were used for waste MDF samples obtained from two different fiber compositions, 100% hardwood and 70% hardwood+30% softwood fibers. Fibers were refibrillated from waste MDF samples by using phosphoric acid, formic acid, microwave and chemi-thermo-mechanical (WKI) methods. Obtained recycled fibers were classified based on size distributions method and monitoring proper technics and experimental MDF panel samples were produced. Some mechanical and physical properties including modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), water absorption and thickness swelling of the samples were determined. As a result, the acidic methods resulted in a significantly decrease in the fiber lengths and panel properties but WKI and microwave methods insignificantly affected the fiber lengths and panel properties.

Keywords: Fiberboard, recycling

2018, 68 pages

Science code:1204

TEŞEKKÜR

“Atık MDF’lerin MDF Üretiminde Yeniden Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası Ana Bilim Dalı Programı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçiminden, tezin hazırlanmasıyla devam eden meşakkatli yolda, gerek bilimsel uyarıları, gerekse doğru yönlendirmeleriyle sonuca ulaşmamızdaki büyük katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Prof. Dr. Saim ATEŞ’e minnet ve şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Bu çalışmayı destekleyen, bilgi birikimini esirgemeyerek yaptığımız tüm çalışmalarda yüreklendiren Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş. Kastamonu&Samsun Fabrikalar Direktörü Sayın Enüs KOÇ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Çağrı OLGUN, Osman Emre ÖZKAN ve Mustafa ÖNCEL’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca her türlü konuda desteğini esirgemeyen eşime ve varlığıyla hayatımıza renk katan çocuklarıma tezimi ithaf etmekten büyük memnuniyet duyarım.

Emre UZER
Kastamonu, Eylül, 2018

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xii
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Lif levhanın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	2
1.1.1. MDF'nin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
1.1.2. MDF'nin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	4
1.1.3. MDF'lerin Kullanım Yerleri.....	5
1.1.3.1. İnce MDF.....	5
1.1.3.2. Kalın MDF.....	6
1.1.3.3. Rutubete dayanıklı MDF.....	6
1.1.3.4. Açık alanlarda kullanılan MDF.....	6
1.1.3.5. Yangına karşı dayanıklı MDF.....	6
1.1.4. MDF'yi Oluşturan Hammaddeler.....	7
1.1.4.1. Odun ve diğer lignoselülozik hammaddeler.....	7
1.1.4.2. Tutkallar.....	8
1.1.4.3. Hidrofobik maddeler.....	9
1.1.4.4. Tutkal sertleştiriciler.....	9
1.1.4.4.1. Amonyum klorür (NH ₄ Cl).....	10
1.1.4.4.2. Amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄).....	11
1.2.4.5. Liflendirmede kullanılan asitler.....	12
1.2.4.5.1. Fosforik asit (H ₃ PO ₄).....	12
1.2.4.5.2. Formik asit (CH ₂ O ₂).....	13
1.2. MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu.....	14
1.2.1. Dünya'da MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi.....	14
1.2.1.1. Dünya'da MDF endüstrisinin genel durumu.....	15
1.2.2. Türkiye MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu.....	16
1.3. Lignoselülozik Endüstriyel Atıkların Önemi ve Değerlendirilmesi.....	17
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	19
3. GENEL KISIMLAR.....	26
3.1. Lif levha Üretim Yöntemleri.....	26
3.1.1. Yaş Yöntem.....	27
3.1.2. Yarı Kuru Yöntem.....	27
3.1.3. Kuru Yöntem.....	27
3.2. Lif Levha Üretiminde Kullanılan Tutkallar.....	28
3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı.....	28

3.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı	30
3.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı	31
3.2.4. Diğer Yapıştırıcı Maddeler	32
3.3. Lif levhada Geri Dönüşüm Yöntemleri	33
3.3.1. Atık Levhaların Yongalanarak Değerlendirilmesi.....	33
3.3.2. MDF Üretimine Ekleme Yöntemi	34
3.3.3. Mikrodalga Yöntemi.....	35
3.3.4. Termohidroliz Yöntemleri	36
3.3.4.1. Sandberg yöntemi.....	36
3.3.4.2. Pflaiderer yöntemi	37
3.3.4.3. Kimyasal-termo mekanik yöntemi (WKI)	37
3.3.5. Geri Dönüşüm Metodu olarak Asitlerin Kullanılabilirliği	38
4. MATERYAL VE METOT	40
4.1. Materyal.....	40
4.2. Metot	40
4.2.1. Lif Levhaların Geri Dönüşümü	40
4.2.2. Lif Boyutlarının Analizi	41
4.2.3. Levha Üretimi	42
4.2.4. Levha Testlerinin Yapılması.....	42
4.2.4.1. Yoğunluk tayini.....	43
4.2.4.2. Rutubet tayini	43
4.2.4.3. Kalınlığına şişme miktarı	43
4.2.4.4. Su alma miktarı	44
4.2.4.5. Eğilme direnci	44
4.2.4.6. Eğilmede elastikiyet modülü.....	45
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
5.1. Lif Boyutlarına Ait Bulgular	46
5.2. Levha Yoğunluğu	50
5.3. Su Alma Miktarı	51
5.4. Kalınlığına Şişme Miktarı	54
5.5. Eğilme Direnci	56
5.6. Eğilmede Elastikiyet Modülü	58
6. SONUÇLAR	61
7. ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A.Ş.	Anonim Şirketi
D	Yoğunluk
DP	Polimerizasyon derecesi
DTI	Department of Trade and Industry
g	Gram
g/cm ³	Gram/santimetre küp
H ₃ PO ₄	Fosforik asit
HCOOH	Formik asit
kg	Kilogram
KŞ	Kalınlığına Şişme
LVL	Lamine kaplama kereste
m ³	Metreküp
MDF	Orta yoğunlukta lif levha
mm	Milimetre
MOE	Elastikiyet modülü
MOR	Eğilme direnci
N	Newton
N/mm ²	Newton/milimetrekare
NH ₄ Cl	Amonyum klorür
NH ₄ Cl	Amonyum klorür
O.S.B.	Organize Sanayi Bölgesi
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OH	Hidroksil iyonu
OPK	Odun-plastik kompozit
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
pH	Asitlik veya bazlık derecesi
PP	Polipropilen
SA	Su alma
TMP	Termomekanik hamur yöntemi
(NH ₃) ₂ SO ₄	Amonyum sülfat
°C	Santigrat derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. 1. Amonyum Klorürün Kimyasal Formülü.....	11
Şekil 1. 2. Amonyum Sülfatın Kimyasal Formülü.....	12
Şekil 1. 3. Fosforik Asidin Kimyasal Formülü	13
Şekil 1. 4. Formik Asidin Kimyasal Formülü	14
Şekil 3. 1. Üre formaldehitin kimyasal yapısı.....	29
Şekil 3. 2. Fenol formaldehitin kimyasal yapısı.....	31
Şekil 3. 3. Melamin formaldehitin kimyasal yapısı	32
Şekil 3. 4. WKI Prosesinin Şematik Diyagramı.....	37
Şekil 4. 1. Deneme deseni	41



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. 1. Türkiye’de MDF üretim tesisleri ve kapasiteleri	16
Tablo 2. 1. Orman Gülü MDF’nin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	24
Tablo 5. 1. Lif Boylarının Yüzdesel Dağılımı Analizi Sonuçları	46
Tablo 5. 2. Lif Genişliklerinin Yüzdesel Dağılımı Analizi Sonuçları	48
Tablo 5. 3. Elde Edilen Levhaların Yoğunlukları	50
Tablo 5. 4. 24saatte Su Alma Yüzdeleri	52
Tablo 5. 5. 24 Saatte Kalınlığına Şişme Yüzdeleri	54
Tablo 5. 6. Levhalara Ait Eğilme Direnci Değerleri.....	56
Tablo 5. 7. Levhalara Ait Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri	58



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3. 1. Yongalama Makinesi ve Üretilen Yongalar	34
Fotoğraf 3. 2. Laboratuvar Tipi Yongalama Makinesi	34
Fotoğraf 3. 3. Mikrodalgada Liflendirme Deneyi	35
Fotoğraf 3. 4. Termohidroliz Yöntemi	36
Fotoğraf 4. 1. Cemil Usta Marka Hidrolik Pres	42



GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 5. 1. %70 Kayın+%30 Çam Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Boy Değişimi	47
Grafik 5. 2. %100 Kayın Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Boy Değişimi.....	47
Grafik 5. 3. %70 Kayın+%30 Çam Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Lif Genişlikleri.....	49
Grafik 5. 4. %100 Kayın Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Lif Genişliğine Ait Grafik	49
Grafik 5. 5. % 100 Kayın Levhaların Uygulanan İşleme Göre Yoğunluk Dağılım Grafiği.....	51
Grafik 5. 6. %70 Kayın+%30 Çam Levhaların Uygulanan İşleme Göre Yoğunluk Dağılım Grafiği.....	51
Grafik 5. 7. % 100 Kayın Levhaların Uygulanan İşleme Göre Su Alma Yüzdeleri Grafiği.....	53
Grafik 5. 8. %70 Kayın+%30 Çam Levhaların Uygulanan İşleme Göre Su Alma Yüzdeleri Grafiği	53
Grafik 5. 9. %100 Kayın Levhaların 24 Saat Suda Bekletme Sonrası Meydana Gelen Kalınlığına Şişme Yüzdeleri	55
Grafik 5. 10. %70 Kayın+%30 Çam Levhaların 24 Saat Suda Bekletme Sonrası Meydana Gelen Kalınlığına Şişme Yüzdeleri	55
Grafik 5. 11. %100 Kayın Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Grafiği.....	57
Grafik 5. 12. %70 Kayın+%30 Çam Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Grafiği	57
Grafik 5. 13. %100 Kayın Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri.	59
Grafik 5. 14. %70 Kayın+%30 Çam Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri	60

1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze lif levha üretimi hızla giderek artmış ve özellikle son yıllarda ülkemizde bulunan lif levha firmaları dünya çapında önemli bir konuma gelmiştir (Akgül, Çamlıbel ve Gedik, 2013). Odun bir hammadde olarak çok farklı alanlarda kullanılabilen yüksek katma değerli olmasının yanı sıra yenilenebilir tek yapı malzemesidir. Hızla artan lif levha üretimi ülkemizdeki odun üretimi üzerine büyük bir baskı oluşturmakla beraber odun hammaddesinde diğer orman endüstrisi sektörlerindeki gelişimlerle beraber bir dar boğaz oluşumu ön görülebilir. Dolayısıyla odun ve odun kökenli malzemelerin atıkları hem miktar hem de çeşitlilik bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Yonga levha ve lif levha gibi odun kökenli kompozit malzemelerin üretiminde hammadde alternatifleri son yıllarda oldukça fazlaca araştırılmaktadır. Geri dönüşüm çevre olan katkısı ile odun ve odundan üretilen malzemelerin nihai kullanım alanlarındaki ömürleri bittikten sonra geri kazanılması şeklindeki araştırmalar dikkat çekmektedir. Atık odunsu malzemelerin çöp depolama alanlarına bırakılması yeniden kazanılabilecek bir malzemenin boş yere depolanması anlamına gelmektedir (Warnken, 2001).

Envanter ve değerlendirmelerle, özellikle gelişmekte olan ülkelerin birçoğunda orman alanının azaldığı, dünyada oransal olarak orman alanının yılda %0,2 civarında azaldığı tespit edilmiştir (OGM, 2016). Ülkemizde yaklaşık olarak kırk yıllık bir dönemde, ortalama 29 milyon m³/yıl düzeyinde odun hammaddesi üretilmiştir. Yıllık odun hammaddesi üretimi 1960–1980 yılları arasında ortalama 22,7 milyon m³/yıl dolaylarında gerçekleşirken bu rakam 80’li yıllarda, 34,6 milyon m³/yıl seviyesine yükselmiş olmasına rağmen 90’lı yıllarda 28 milyon m³/yıl düzeyine kadar inmiştir. Üretilen odunun %80’e yakını değeri düşük yakacak odun niteliğindeki ürünlerden oluşmaktadır (Ergün ve Ok, 2004).

Türkiye’nin 2016 yılı odun üretimi incelendiğinde Orman Genel Müdürlüğü’ne bağlı ormanlardan endüstriyel odun olarak 16,6 milyon metreküp, yakacak odun olarak ise 3,5-4 milyon metreküp dolaylarında odun üretimi olduğu gözlemlenmiştir. Özel sektöre bağlı ormanlardan ise 3-3,5 milyon metreküp dolaylarında odun üretimi

olduğu tespit edilmiştir. Yıllar boyunca Orman Genel M¼d¼rl¼đ¼ üretim miktarını artırmasına rağmen artan talebi karşılayamamış ve işletmeler odun ihtiyaçlarını ithal odun ile karşılamışlardır. Bu yuvarlak odun ithalatı 1,5-1,7 milyon metrek¼p dolaylarındadır. T¼rkiye'nin toplam odun t¼ketimi 29-30 milyon metrek¼p¼ bulmaktadır. Bu miktarın 21-22 milyon metrek¼pl¼k kısmı end¼striyel odun olarak t¼ketilmekte, 8-9 milyon metrek¼pl¼k kısmı ise yakacak odun olarak t¼ketilmektedir (OGM, 2016).

Orman End¼stri sekt¼rlerinde meydana gelen artışla beraber odun ihtiyacı da artmakta olduğundan hammadde sorununa y¼nelik ç¼z¼m arayışları geçmişten g¼n¼m¼ze kadar devam ede gelmiştir. Orman End¼stri sekt¼rleri tarafından ¼retilen ¼r¼nlerin miktar ve çeşitliliklerinde g¼zlemlenen artışlar g¼n geçtikçe hammaddeye olan ihtiyacı ve kullanımdan çıkartılarak atıl duruma d¼řen eski ¼r¼nlerin ne olacağı kaygısını hızla arttırmaktadır. Bunun en önemli sebebinin bu ¼r¼nlerin ¼retiminde kullanılan sentetik tutkalların genellikle termoset yani ısı ile sertleşen tutkallar olmasından kaynaklandığı ve yok edilmesi sırasında çevre açısından önemli problem oluşturabileceği d¼ř¼n¼lmektedir (Anonymous, 2002).

Geri d¼n¼ř¼m¼n gerçekteştirilmesi t¼m bu hususlar dikkate alındığında yapılan bu çalışmanın aslında b¼y¼k bir probleme ç¼z¼m olacağı d¼ř¼n¼lmektedir. Odun ve odun k¼kenli malzemelerin atıklarının yeniden ¼r¼ne d¼n¼ř¼t¼r¼lebilme ve kullanılabilme olanakları vardır. Fakat bu olanak için atıkların kalitesi ve şekli önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, orta yoğunluklu lif levha (MDF) k¼kenli atık durumdaki ahşap malzemelerin MDF ¼retimine yeniden kazandırılmasıdır. Atıkların d¼n¼ř¼m işlemleri için en etkin y¼ntemlerle belirlenmiştir. Bu amaçla, geri d¼n¼ř¼mden yeniden elde edilen liflerin levha mukavemet ¼zelliklerine etkisi araştırılmıştır.

1.1. Lif levhanın Tanımı ve Sınıflandırılması

Lif levha, bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme ¼zelliklerinden yararlanılarak veya ilave tutkal kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesi sonucu meydana gelen bir ¼r¼nd¼r. Kısaca lignosel¼lozik maddelerin liflendirilmesi ile oluşan, lif ve lif demetlerinin yeniden şekillenmesi ile

elde edilen bir levhadır (Eroğlu, H. 1998).

Lif levha normal olarak, yoğunluğa göre sınıflandırılır. Ayrıca hem kuru proses ile hem de yaş proses ile üretim yapılabilir. Kuru yöntem yüksek yoğunlukta lif levha (HDF) ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretimine uygulanmakta, yaş yöntem ise HDF ve düşük yoğunlukta lif levha (LDF), MDF ve izolasyon levhası üretiminde kullanılmaktadır (Ross, 2010).

Yoğunluklarına göre lif levhalar TS 3635 (1993) ve ISO 818 (1975)'e göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

- Düşük yoğunlukta lif levhalar - izolasyon lif levhası ($<0,35 \text{ g/cm}^3$)
- Orta yoğunlukta lif levhalar ($0,35 \text{ g/cm}^3 - 0,80 \text{ g/cm}^3$)
- Yüksek yoğunlukta lif levhalar-sert lif levhalar ($0,80 \text{ g/cm}^3 - 1,1 \text{ g/cm}^3$)

Amerika Birleşik Devletleri'nde lif levhalar yoğunluklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Forest Product Laboratory, 1989).

- Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon levhası ($0,16 \text{ g/cm}^3 - 0,5 \text{ g/cm}^3$)
- Orta yoğunlukta lif levhalar ($0,35 \text{ g/cm}^3 - 0,80 \text{ g/cm}^3$)
- Sert lif levhalar ($0,5 \text{ g/cm}^3 - 1,45 \text{ g/cm}^3$)

Orta yoğunlukta sert lif levhalar: ($0,5 \text{ g/cm}^3 - 0,8 \text{ g/cm}^3$)

Yüksek yoğunlukta sert lif levhalar: ($0,8 \text{ g/cm}^3 - 1,28 \text{ g/cm}^3$)

Özel yoğunlaştırılmış sert lif levhalar: ($1,35 \text{ g/cm}^3 - 1,45 \text{ g/cm}^3$)

1.1.1. MDF'nin Tanımı ve Sınıflandırılması

MDF (Medium Density Fiber board), orta yoğunlukta bir lif levha çeşididir. MDF, yaş yöntem, yarı kuru yöntem ve kuru yöntem olmak üzere üç farklı proses tipinde de üretilebilmektedir. Fakat günümüzde dünyadaki MDF üretiminin %100'üne yakını kuru yöntemle yapılmaktadır (Çamlıbel, 2012).

MDF, termomekanik olarak odun veya diğer lignoselülozik hammaddelerden elde edilen liflerin %9—11 rutubet derecesine kadar kurutulduktan, sıcakta sertleşen (termo setting) yapıya sahip bir yapıştırıcı ile tutkallanmak suretiyle sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıda ahşap kompozit levhadır (Akbulut, 2001).

Ekstra sert lif levhalar, açık havada kendiliğinden kuruyan yağlarla sert lif levhaların emprenye edilmesiyle elde edilir. Lif levhaların emprenye işlemi iki şekilde olmaktadır. Bunlardan birincisi; levhaların yağa daldırılması, ikincisi ise levhaların yüzeyine silindirler yardımı ile yağ sürülmesidir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.2. MDF'nin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Orta yoğunlukta lif levhanın Dünya'da son yıllarda artan talebinden dolayı üretim miktarları ve kullanım alanları da genişlemektedir. Avrupa'da MDF, çoğunlukla mobilya endüstrisinde ve laminant parke üretiminde tercih edilmektedir. Yapısal amaçlı kullanımı ise daha çok Kuzey Amerika'da yaygın kullanılmaktadır. Ülkemizde de genellikle mobilya endüstrisinde, laminant parke (HDF), kapı ve profil üretiminde değerlendirilmektedir. LDF (düşük yoğunlukta lif levha) ise düşük ağırlığa sahip olduğundan ve yapısının poröz olmasından dolayı tavan, ara bölme, ısı ve ses izolasyonu amaçlı kullanılmaktadır (Candan, 2007).

Orta yoğunlukta lif levhanın, yüksek yüzey kalitesi, toplam levha kalınlığı boyunca homojen yapısı, yüksek yoğunluğu, üretiminde kullanılan hammadde seçiminde sınırların daha geniş olması, düşük kaliteli odun hammaddesinin kullanılabilmesi, diğer ahşap işleyen endüstri atıklarının üretiminde değerlendirilebilmesi, şeker kamışı, saman sapı, bambu vb. yıllık bitkilerin değerlendirilebilmesi, yüksek elastikiyet modülü, yüksek eğilme direnci, yüksek yarıma direnci, yüksek vida tutma gücü, yüksek boyutsal stabilitesi, işlenebilirliğinin iyi olması, şekil verme, bükme ve kalıplama işlemlerine uygun oluşu, bütün ahşap yapıştırmacılar ve birleştirme malzemeleri ile uyumlu oluşu, boyama, baskı yapma (printing) ve kaplama işlemlerine uygunluğu, rutubet toleransının yonga levhaya göre daha yüksek olması, estetik olarak güzel görümlü olması, lakeleme, cila vb. üst yüzey işlemleri için elverişli olması, masif ahşaba göre daha iyi rutubet sorpsiyon karakteristiğine sahip olması, yanmaya karşı dayanıklı hale getirilmiş MDF'nin, aynı özelliğe sahip masif ahşap malzemeye kıyasla daha dayanıklı olması, yüzeylerinin melamin emprenyeli kâğıt, ahşap kaplama levhası, PVC, membran, laminant vb. kaplama malzemeleri ile kaplanabilirliğinin yüksek olması, geniş boyutlarda ve farklı ebatlarda üretilmesi, çalışma

özelliklerinin her yönde aynı yapıda olması, levhanın üç boyutunda da mukavemet özelliklerinin benzer olması, masif ahşap malzemede bulunan budak, lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu, vb. kusurları bulundurmaması gibi özellikleri sebebiyle orta yoğunlukta lif levhanın kullanım yerinde daha çok tercih edildiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden mobilya üretiminde yonga levhaya ve masif ahşap malzemeye kıyasla daha çok tercih edilmektedir (Çamlıbel, 2012).

MDF üretiminde genellikle üre-formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Üretimde fenol formaldehit tutkalı kullanılarak rutubete dayanıklı kompozit malzemeler üretilmektedir. Bu şekilde banyo, mutfak vb. yüksek rutubet içeren ortamlarda MDF malzemeler kullanılabilir. Bunun yanında, rutubete karşı dayanıklı tutkallar ile üretilip yüzeyleri değişik koruyucu maddelerle kaplandığı takdirde açık havada da korumasız olarak kullanılabilir (Akbulut, 2001).

Son yıllarda ormanlarımız gittikçe azalmakta ve ormanlarımızdan kaliteli tomruklardan elde edilen kontrplak ve kaplama endüstrisi için kullanılan ağaçlar azalmaktadır. Azalan kaliteli ağaçların fiyatı artmaktadır. MDF üretimi ile kalitesiz odunları değerlendirmek mümkün olmuştur. MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri masif ağaç malzemeye yakın değerdedir. Böylece kalitesiz odunlardan alternatif bir ürün üreterek orman kaynaklarının verimli kullanılması sağlanmıştır (Çamlıbel, 2012).

1.1.3. MDF'lerin Kullanım Yerleri

1.1.3.1. İnce MDF

Bu levhalar 1,5-2,5 mm kalınlıkta üretilmektedir. Sert lif levha (HDF) ve ince kontrplağa alternatif olarak imal edilmektedir. İnce MDF'lerin en önemli kullanım yerleri mobilya endüstrisinde; çekmece altları, kabin aralıkları, kapı yüzeyleri ve sergi panelleridir. İnce MDF'lere delikler açılarak dekoratif paneller yapılabilen, kolayca bükülebildiklerinden dolayı eğik yüzeylerin oluşturulmasında kullanılabilirler (Çamlıbel, 2012).

1.1.3.2. Kalın MDF

Bu levhalar 45-60 mm kalınlıklarda üretilmektedir. En büyük kullanım yeri olarak binalarda sütün, plaster ve kemer gibi mimari yapıların yapımında değerlendirilir. Ayrıca ağır döşeme, raf, merdiven basamağı, çalışma tezghi ve banka oturaklarının üretiminde de kullanılırlar (Çamlıbel, 2012).

1.1.3.3. Rutubete dayanıklı MDF

Bu tip levhalar neme dayanıklı tutkallarla (fenol formaldehit vb.) retilmiş ve ayrıca çalışmayı azaltmak için parafin vb. katkı maddeleri ilave edilmiştir. Kapalı yerlerde %80 bağlı neme kadar kullanılabilirler. Ayrıca, bu levhalar banyo ve mutfak mobilyası, döşeme, pencere, merdiven ve mimari kalıp ürünlerinde kullanılırlar (Çamlıbel, 2012).

1.1.3.4. Açık alanlarda kullanılan MDF

Bu levhaların özelliği; rutubete dayanıklı tutkallarla üretilmiş olmasının yanı sıra, bütün yüzey ve kenarlarının açık havaya dayanıklı olacak şekilde kaplanmış olmasıdır. Bu levhalar yol işaretleri, reklam panoları, mağaza vitrinleri, bahçe mobilyaları, bot kabinleri, skorboard, açık depolama alanlarında, raf ve açık havada kullanılan kapı panellerinde değerlendirilir (Çamlıbel, 2012).

1.1.3.5. Yangına karşı dayanıklı MDF

Bu tür levhalar üretildikten sonra yüzeylerine alev almayı geciktiren kimyasal maddeler sürme veya levhaların bazı tuzlarla emprenye edilmesi suretiyle yangına karşı dayanıklı hale getirilir. Bu levhalar duvar veya panel kaplamaları, büro bölme sistemleri, sergi panoları, gemilerde kabin ve bölme elemanları ile binalara bitişik yapılan ekipmanlarda değerlendirilir (Çamlıbel, 2012).

1.1.3.6. Yüksek yoğunluklu MDF

Yoğunluğu 0,8g/cm³ den fazla olan bu tip levhaların işlenme özellikleri ve yüzey işlemlerine uygunluğu daha iyidir. Bu levhalar; endüstriyel raf, çalışma tezgahları, ağır döşeme, merdiven basamağı, mobilya altlığı ile mutfak ve banyo birimleri için kapı üretiminde kullanılır (Çamlıbel, 2012).

1.1.4. MDF'yi Oluşturan Hammaddeler

MDF üretiminde lignoselülozik hammaddeler, yapıştırıcılar, hidrofobik maddeler, sertleştirici maddeler, yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ve doğal dayanıklılığını (mantar ve böcek zararına karşı direnç) artıran kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bunun yanında isteğe bağlı olarak değişik özel kimyasal maddeler de kullanılmaktadır. Kuru yöntemle üretilen MDF'nin muhteviyatının yüzdelik dağılımı şu şekilde olmaktadır. %80-90 odun ve diğer lignoselülozik maddeler, %10-12 kimyasallar, %7-10 arasında rutubet içeriğinden oluşmaktadır (Çamlıbel, 2012).

1.1.4.1. Odun ve diğer lignoselülozik hammaddeler

Günümüzde ormanların azalması, insanoğlunun kaliteli odun hammaddesine talebinin artmasına neden olmuştur. Bu talebin karşılanması için son yıllarda masif ağacın yerini alabilen daha düşük kaliteli odun kullanılarak MDF ve yonga levha üretilmiştir. Ancak, MDF üretiminde düşük kaliteli odun kullanım imkanının fazlalığı nedeniyle MDF yonga levhaya kıyasla daha avantajlı bir üründür. MDF üretiminde kullanılan ağaç cinsleri geniş sınırlar içinde bulunmaktadır. Odun hammaddesi dışında iki tür hammadde, MDF üretiminde kullanılabilir. Bunlardan birincisi, biyolojik lignoselülozik lifler (yıllık bitkiler); ikincisi ise mineral liflerdir. Şeker kamışı atıkları, buğday sapı, bambu, mısır ve diğer tahıl sapları ve keten lifleri bunlara örnek verilebilir. Buğday saplarından MDF üretimi uzak Doğu'da yapılmaktadır. Şeker kamışı genelde Amerika'da izolasyon lif levhası yapımında kullanılmaktadır. Yıllık bitkiler kullanılarak üretilen levhalara SMDF (straw medium density fiberboard) denilmektedir. Atık kâğıtlar MDF üretiminde değerlendirilebilmektedir. Bu avantajlardan dolayı MDF'nin hammaddesi yonga levhalardan daha geniş sınırlar içindedir (Suchsland and Woodson, 1986; Çamlıbel, 2012).

MDF üretiminde odun hammaddesi olarak; orta yoğunlukta, fazla budak ihtiva etmeyen, reçine ve tanen gibi ekstraktif madde oranı düşük, pH değeri 4-5,8 civarında, rutubeti %40-60 arasında ve kabuk oranı %15-20'yi geçmeyen kısmen mantarlaşmaya başlamış her türlü materyal kullanılabilir (TS 1351, 1974). Kabuk oranı arttıkça tutkal sarfiyatı artmakta, kum ve ufak taş parçaları defibratör segmentlerini aşındırmakta ve pişirme kazanında çok önemli olan hacmi kaplayarak ısı ve buhar enerjisi kayıplarına neden olmaktadır. Bu yüzden, fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek Kaliteli MDF için kabukları soyulmuş odun malzemesi tercih edilmektedir (Eroğlu, 1998).

Lif levha üretiminde kullanılacak ağaç türlerinin lif boyutları, liflerin keçeleşme kabiliyeti açısından önemli bulunmaktadır. Yapraklı ağaç odunlarının lif boyutları 0,8-2 mm arasında değişirken; iğne yapraklı ağaçlar ise 3-7 mm lif uzunluklarına sahiptir. MDF prosesinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlara göre tercih edilmektedir. Keçeleşmenin iyi derecede meydana gelmesi için %70 iğne yapraklı ağaç, %30 ise yapraklı ağaç karışımları tercih edilmektedir. Bu karışımdan elde edilen MDF'nin teknolojik özellikleri yüksek değerler vermektedir (Eroğlu, 1998). Fakat günümüzde ülkemizde odun hammaddesi darboğazından dolayı ağaç türü ile ilgili belirtilen oransal nitelikler tamamen sağlanamamaktadır. Hammadde açığını kapatmak amacıyla yurt dışından odun hammaddesi ve yonga ithal edilmektedir. Dolayısıyla hem ekonomik açıdan hem de performans özellikleri açısından kaliteli MDF üretmek için eldeki mevcut hammaddenin nispeten uyumlu ve bilinçli olarak kullanılması gerekmektedir (Maloney, 1993).

1.1.4.2. Tutkallar

Üretilen lif levhalara istenilen özellikleri kazandırmak ve kaliteli levhalar üretmek amacıyla üretim esnasında lif karışımına çeşitli kimyasal maddeler katılır. Levha üretiminde yaş yöntem kullanılırsa tutkal ilave etmeden lif levha üretmenin mümkün olduğu tespit edilmiştir. Burada, hammadde içerisinde bulunan hemiselüloz ve lignin aktif hale geçerek tutkal görevi görür. Lignin 130 °C sıcaklık ta yumuşamaya başlar ve termoplastik tutkal gibi bir davranış gösterir. Lignince zengin yüzeyli lifler basınç altında mekanik sıkıştırma ile bir araya getirilir ve ortaya çıkan yeni kovalent bağlar aracılığı ile yapışma gerçekleştirilir. Hemiselülozların benzer bağ oluşturma yeteneğine sahip olduğu da gözlemlenmiştir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Her ne kadar yaş yöntemle lif levha üretiminde liflerin birbirine yapışması sağlanıyor olsa da yarı kuru ve kuru üretim yöntemlerinde yapışmayı sağlamak için tutkal kullanılması gerekmektedir. Kullanılan bu tutkal liflerin birbiri arasında hidrojen bağı kurması için bir köprü vazifesi görmektedir (Suchsland and Woodson, 1986).

1.1.4.3. Hidrofobik maddeler

Lif ve yonga levhaların rutubetli bir ortamda çalışmasını azaltmak amacı ile levha üretimi esnasında lif-tutkal karışımına parafin ve mum gibi hidrofobik maddeler eklenmektedir. Mumlar diğer petrol ürünlerine kıyasla düşük molekül ağırlıklı, basit yapıda maddelerdir. Mumlar 1930'lu yıllarda kağıdın yapıştırılmasında kullanılmıştır. Suyun sertliğinden etkilenmemesi ve geniş pH aralığında kullanılabilmesi sayesinde mumlar, yapıştırmada sadece kolofan kullanılması halinde karşılaşılan bazı sorunların ortadan kaldırılması amacıyla birlikte kullanılmış ve etkili yapıştırma sağladıkları gözlemlenmiştir. Mumlar kristal yapıda olup bu kristallerin şekilleri iğne şeklinde ve yassıdır. Ticari parafin mumları düz zincirli hidrokarbonlardır. Molekül ağırlıkları 360 ile 900 birim arasında değişebilir ve genellikle 20-30 karbonlu, mikro kristalli mumlar ise 30-60 karbonlu bileşiklerdendir. Erime dereceleri 50-100 °C arasında değişebilir. Parafin ve mumlar polar yapılı olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildirler. liflerin kılcal boşluklarına girerek su molekülerinin bu boşluklara girmesini engelleme şeklinde görevlerini yerine getirirler (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.4.4. Tutkal sertleştiriciler

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için mutlaka bir sertleştirici gereklidir. Isı etkisi ile sertleşme hızlanmaktadır. Ancak ısı, tek başına sertleştirme ve suda çözünmez hale getirme için yeterli değildir (Yapıcı, 2008). Bu amaçla sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesinde bir katalizör olarak veya bu reaksiyonda çapraz bağlanmayı sağlamak için kullanılır (Ebnesajjad, 2008).

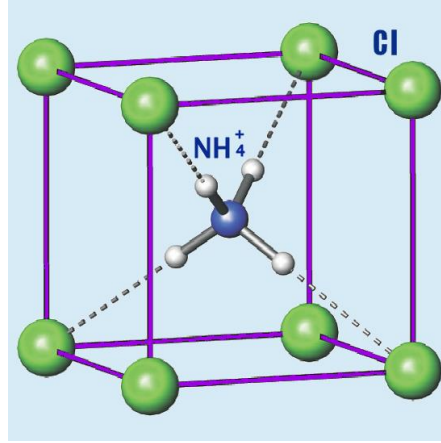
Pratikte bütün asitler ve tuzlar sertleştirici olarak kullanılabilir. Çok kullanılmamakla beraber daha çok tepki veren sertleştiriciler kullanılarak 80–100°C gibi düşük sıcaklıklarda da bir polikondenzasyon sağlanabilir. Daha az tepki veren sertleştiriciler kullanıldığında sıcaklık 140–170°C arasında olmalıdır. Düşük sıcaklıklar polikondenzasyonu geciktirirken çok yüksek sıcaklıklarda da polikondenzonda

başarısızlıklar gözlemlenmiştir. Bu başarısızlığın nedeni ise 160–170°C'den yüksek sıcaklıklarda odunun hidroksil gruplarında meydana gelen sertleşme sonucu reçine ile iyi bağ oluşturamaması, daha yüksek sıcaklıklarda ise odunun karbonlaşma eğilimi göstermesidir (Yapıcı, 2008).

Günümüzde üre formaldehit tutkalının sertleştirilmesinde en çok amonyum klorür (NH_4Cl) ve amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) kimyasalları tercih edilmektedir. Sadece asit kullanımı durumunda levha taslağı daha prese gelmeden önce sertleşmektedir. Bu yüzden daima tamponlanmış karışımlar kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan kimyasallardan biri olan amonyak, sıcak prese gelmeden önce levha taslağında oluşabilecek asidi nötralize ederek tutkalın sertleşmesini durdurmaktadır. Sıcak preste ise levha taslağı içerisindeki amonyak, hızlı bir şekilde buharlaşır. Preslenen taslakta oluşan asit taslaktaki tutkalın sertleşmesini sağlar. Levha üretiminde sertleştirici olarak amonyum klorürün kullanımı, amonyum sülfattan daha yaygındır. Çünkü, amonyum klorür kullanımı sonucu meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olması dolayısıyla levha taslağının her tarafına homojen bir şekilde dağılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H_2SO_4) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak dağılmamaktadır ve tutkalın sertleşmesinde düzensizlikler meydana gelir (Yapıcı, 2008).

1.1.4.4.1. Amonyum klorür (NH_4Cl)

Diğer bir adı da nişadır. Hidrojen klorür (HCl) ve amonyağın verdiği tepkime sonucu meydana gelir. Kuru pillerde elektrolit olarak kullanılan nişadır, galvanizleme ve kalaylamada, metal yüzeylerdeki oksit katmanını gidererek lehim tutmasını kolaylaştırmak amacıyla lehimcilikte de yaygın bir kullanımı bulunmaktadır. Piyasadaki birçok soğuk algınlığı ve öksürük ilaçlarının bileşiminde de amonyum klorür bulunur. Renksiz kristalleşmiş bir madde olan amonyum klorür suda kolayca çözünerek hafif asit özelliğinde bir sıvı oluşturur. 340 °C'ye kadar ısıtıldığında erimeden buharlaşarak, eşit hacimlerde amonyak ve hidrojen klorür verir (URL 9, 2013). Şekil 1.1'de amonyum klorürün kimyasal formülü görülmektedir.

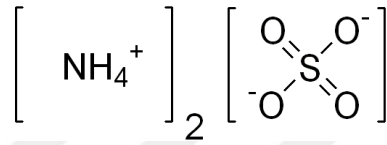


Şekil 1. 1. Amonyum Klorürün Kimyasal Formülü (URL 2, 2018)

1.1.4.4.2. Amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄)

Amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) gıda endüstrisinde kullanılan inorganik bir tuzdur. Kristal yapıda, beyazdan beje kadar değişik renklerde, aroması olmayan, hafif tuzlu bir tada sahip ve yüksek çözünürlüğü bulunan bir kimyasaldır. Amonyum sülfat, amonyak ve sülfürik asidin ısıtılmış reaksiyonundan veya başka bir deyişle amonyum hidroksit ve sülfürik asidin nötralizasyonundan kaynaklanır. Bu nedenle, amonyum sülfat, birçok imalat uygulamasının yan ürünüdür. Kristal yapının boyutları reaksiyon koşullarının değiştirilmesi ile kontrol edilebilir. Reaksiyon sonrası kurutulur ve istenen nihai parçacık boyutuna göre taranır. Amonyum sülfat bir katkı maddesi olarak kullanıldığında unların ve fırınlanmış ürünlerin pH'ının kontrol edilmesine yardımcı olur. Metal sülfatlarla reaksiyona girdiğinde amonyum metal sülfatlar veya çift tuzlar oluşturabilir ve kalan tuz partiküllerinin ayrıştırılabilmesi için buharlaştırılabilir. Amonyum sülfat, amonyak, azot, kükürt dioksit ve sudan meydana gelmektedir. Tarımda, kimyasal endüstrisinde, ilaç endüstrisinde, tekstilde, kimyasal odun hamuru üretiminde, kimyasal sentezlerde, patlayıcı ve gübre yapımında, deri endüstrisinde, alev geciktiricilerin üretiminde, yangın söndürücü toz üretiminde, piroteknik spesiyalleri ve bronzlaşma ajanları olarak kullanım alanları bulunmaktadır. Küçük miktarlarda, amonyum sülfat yutulduğunda önemli bir sağlık sorunu yaratmaz. Aşırı miktarda sindirilirse, gastrointestinal irritasyon meydana gelebilir. Seyreltilmemiş katı doğrudan solunduğunda, solunum yolu iltihabı veya tahriş meydana gelebilir. Ayrıca, doğrudan temas cildi ve gözleri kızartır ve kaşıntıya neden olabilir (URL 3, 2018).

Amonyum sülfat 150 yıldan fazla bir süredir üretilmektedir. Günümüzde sülfürik asidin ısıtılmış amonyakla reaksiyonu sonucu elde edilmektedir. Amonyum sülfat için mevcut talebin çoğu çeşitli endüstrilerden yan ürün olarak elde edilen amonyum sülfattan karşılanmaktadır. Tarımsal alanda kullanımını incelendiğinde toprağın azot (N) ve kükürt (S) ihtiyacını karşılamak amacıyla amonyum sülfat kullanılmaktadır. Amonyum sülfat sadece 21 nolu azot içerdiğinden, diğer gübre kaynaklarına kıyasla daha yoğun ve ekonomiktir. Bununla birlikte, protein sentezi de dahil olmak üzere sayısız bitki fonksiyonunun desteklenmesinde mükemmel bir kükürt (S) kaynağıdır (URL 3, 2018). Şekil 1.2’de amonyum sülfatın kimyasal formülü görülmektedir.



Şekil 1. 2. Amonyum Sülfatın Kimyasal Formülü (URL 4, 2018)

1.2.4.5. Liflendirmede kullanılan asitler

1.2.4.5.1. Fosforik asit (H_3PO_4)

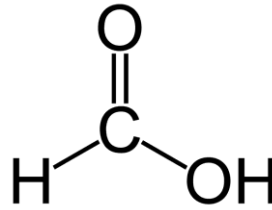
Kristal yapıda, renksiz katı bir kimyasaldır. Fosfor, hidrojen ve oksijen atomlarından oluşan fosforik asit, H_3PO_4 kimyasal formülü ile gösterilir. Bu kimyasalın tuzları fosfat olarak tanımlanır. Gıda türü (food grade) fosforik asit ve endüstriyel tip fosforik asit olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Endüstride kullanılan fosforik asit, kalsiyum fosfat kaya parçalarının sülfürik asit ile muamelesi sonucu elde edilir. Fosforik asit farklı sektörlerle hitap eden, çok sayıda kullanım alanı bulunan bir kimyasaldır. En fazla fosfatlı gübre üretiminde, böcek ilacı üretiminde, tarım alanında, metallerin temizlenmesinde, polisaj sektöründe ve asitliği düzenleme için gıda alanında kullanılır. Asitli ortamda mikroorganizmalar ve fungi büyümediğinden, fosforik asit bu zararlılardan korunma amacıyla da kullanılır (URL 5, 2018)

Diğer kullanım alanları şunlardır:

- Metal işleme, tarım, gıda, deterjan, deri, rafine yağ, galvano ve yapı kimyasallarında,
- Temizlik maddesi üretiminde özellikle deterjan imalatında,

- Tekstil alanında yardımcı kimyasal olarak,
- Gıda alanında içeceklerin asitlenmesinde, işlenmiş gıdalarda bakteri gelişiminin kontrolünde,
- Deri üretiminde tabaklama ve parlatma aşamalarında,
- Metal sektöründe yüzey temizleme amacıyla,
- Kozmetik sektöründe,
- Yapı kimyasalları sektöründe, elektro polisaj banyolarında,
- Rafine yağ sektöründe,
- Dişçilikte ve ortodonti alanında diş yüzeyi temizliğinde,
- Maya üretiminde besi yeri bileşeni olarak,
- Çiçekçilikte çözeltilerin pH değerinin düşürülmesinde kullanılmaktadır (URL 5, 2018).

Şekil 1.3'te fosforik asidin kimyasal formülü görülmektedir.

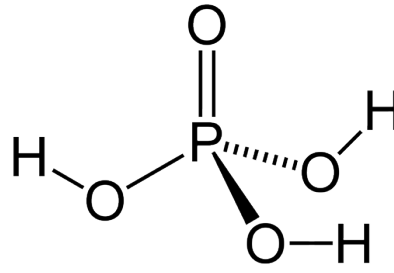


Şekil 1. 3. Fosforik Asidin Kimyasal Formülü (URL 5, 2018)

1.2.4.5.2. Formik asit (CH_2O_2)

Karınca asidi veya metanoik asit olarak ta bilinen ve HCOOH kimyasal formülü ile gösterilen formik asit tek karbonlu bir karboksilik asittir. Bu asit karbonil karbonuna bağlı olan alkil grubu içermemesi nedeniyle en basit karboksil asit özelliğindedir. Çelik sanayi, gıda, ilaç, deri, plastik, kağıt, tekstil sanayi dallarında ve bazı sektörlerde bronzaştırıcı ajan, dezenfektan, ağartıcı, metal temizleyici, kumaş boyama gibi farklı amaçlarla kullanılır. Formik asit kumaş boyamada sabit yün renkleri için indirgeyici

olarak, hayvan derisi tabaklamada, kıl tüy gidermede, elektroliz kaplamada, silaj yapımında, hayvan yemi olarak, arıcılık sektöründe, parfüm solventi olarak, alkollerde alkilasyon ajanı şeklinde, verniklerde, nano teknoloji alanında kullanımı bulunmaktadır. Formik asit, metanol, eter, su aseton gibi ürünlerde çok iyi çözünmektedir. Doğada ilk kez karınca salgınlarında rastlanmasından dolayı bu aside karınca asidi denilmiştir. Arıcılığın gelişmiş olduğu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. İlkbahar geldiğinde nektar alımından en az 15 gün önce veya sonbaharda balın hasadı yapıldıktan sonra kullanıldığında, balda ve balmumunda kalıntı bırakmaz. Kullanılması arıcı için tehlikeli olduğundan, genellikle jel halinde kullanılır (URL 6, 2018). Şekil 1.4'te formik asidin kimyasal formülü görülmektedir.



Şekil 1. 4. Formik Asidin Kimyasal Formülü (URL 6, 2018)

1.2. MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu

1.2.1. Dünya'da MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi

Lif levha; bitkisel lif ve lif demetlerinin birbiri ile doğal yapışma ve liflerin keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak ayrıca, ilave yapıştırıcı madde kullanılarak meydana getirilen levha taslağının kurutulması yada preslenmesi sonucu elde edilen bir üründür. Lif levhanın kullanımı M.Ö. 6. yüzyıla kadar dayanmaktadır. 1901 yılında Minnesota'da binalarda ısı yalıtımı amacıyla lif levha üretilmiştir. MDF üretimi endüstriyel manada 1958 yılından itibaren ticari ve sınai bir malzeme olarak kullanılmaya başlamıştır. Yonga levha, kontrplak, kontratabla, sert lif levha, izolasyon levhası, waferboard, flakeboard, orta yoğunluktaki lif levha (MDF), lamine kaplama kereste (LVL) ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) gibi odun veya lignoselülozik kökenli levha ürünleri genel olarak 20.yy en önemli endüstriyel ürünüdür (Çamlıbel, 2012).

1924'te yaş yöntem sert lif levha üretimi ile ilgili yeni bir yöntem geliştirilmiş ve bu yöntem sert lif levha üretimi için "Masonite Process" olarak tanınmıştır (Suchsland and Woodson, 1986).

MDF, yirminci yüzyılın 2. ve 3. çeyreğinde Amerika, Almanya, İngiltere, Fransa gibi ülkelerde gittikçe artan bir oranda üretilmeye başlamıştır. Dünyada ilk kuru yöntemle MDF üretim prosesi 1945 yılında Amerika'da geliştirilmiştir (Wood Academy, 2005).

Özellikle yüzyılın son çeyreğinden itibaren Dünya'da MDF üretimi hızlı bir şekilde artarak yıllık artış oranı yonga levhayı geride bırakmıştır. MDF'nin hızla yükselmesine neden olan en önemli etkenler; hammadde isteğinin yonga levhadan daha geniş sınırlar içinde olması, masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesinden dolayı başta mobilya endüstrisi olmak üzere birçok kullanım alanında yonga levha ve kontrplak yerine daha fazla tercih edilmesi, fiziksel özelliklerinin iyi ve mekanik direnç değerlerinin yüksek olmasıdır (Çamlıbel, 2012).

1.2.1.1. Dünya'da MDF endüstrisinin genel durumu

Avrupa'da MDF levha endüstrisinde talepteki yükselme ile birlikte kapasite miktarları da artış göstermektedir. Dünya MDF üretim kapasitesi 2000-2011 yılları arasında %179,4'a ulaşmıştır. 2000 yılında Dünyadaki MDF fabrika sayısı 552 adet ve üretim kapasitesi 32.440.000 m³/yıl'dır. 2005 yılında 491 MDF fabrikası, 48.440.000 m³/yıl ve %48 üretim kapasitesine ulaşırken fabrika sayısında %12 oranında azalmaktadır. 2000 ile 2010 yılları arasında MDF fabrikaları %26 oranında artarken, yüksek kapasiteli üretim hatlarının üretime başlamasıyla %145 kapasite artışı gerçekleşmiştir. 2011 yılında 753 MDF fabrikası, 91.189.805 m³/yıl ve 2010 yılına göre %13,53 üretim artışı sağlanmıştır. 2010 ile 2011 yılları arasında fabrika sayısında %9 oranında artış sağlanmıştır. Dünyada MDF yıllık ortalama kapasite artışı %14'dür. 2011 yılı itibariyle yeni yüksek kapasiteli MDF üretim hatlarının üretime başlamasıyla Dünya sıralamasında Çin, Avrupa, Asya pasifik ve USA ilk dört sıralamayı paylaşmaktadır (Çamlıbel, 2012).

1.2.2. Türkiye MDF Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu

Türkiye’de ilk lif levha tesisi 1958 yılında Selolit A.Ş. firması tarafından yaş yöntemle 18.000 m³/yıl üretim kapasitesi ile İzmir’de kurulmuş ve sonraki yıllar Manisa’ya taşınmıştır. Türkiye’de ilk MDF tesisi Ordu’da Çamsan A.Ş. tarafından 1985 yılında katlı pres üretim hattı kurulmuştur. İlk sürekli presle MDF üretimi İse Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş. tarafından 1994 yılında Gebze, İzmit’te faaliyete başlamıştır. Yıldız Entegre Ağaç Sanayi A.Ş. günümüzde tek çatı altında 3 üretim (CPS:55,3 m) hattıyla 900.000 m³/yıl kapasiteli Dünyanın En büyük MDF üretim firmasıdır (Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2012). Türkiye’de bulunan MDF üretim tesisleri ve kapasiteleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1. 1. Türkiye’de MDF üretim tesisleri ve kapasiteleri (Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2012).

Firma Adı	Fabrika Yeri	Kapasite (m ³ /gün)
1-Bolu Lif (Gbs) A.Ş.	Bolu	80 (m ³ /gün)
2-Çamsan A.Ş. (Ordu)	Ordu	600 (m ³ /gün)
3-Çamsan A.Ş.(Adapazarı)	Adapazarı	600 (m ³ /gün)
4-Divapan A.Ş.	Düzce	400 (m ³ /gün)
5-Kast. Entegre A.Ş.(Gebze)	İzmit	1.200 (m ³ /gün)
6-Kast. Entegre A.Ş. (Kastamonu)	Kastamonu	1.350 (m ³ /gün)
7-Selolit A.Ş.	Manisa	60 (m ³ /gün)
8-Serdar Ağaç A.Ş.	Bursa	650 (m ³ /gün)
9-S.F.C. A.Ş.	Kastamonu	835 (m ³ /gün)
10-Starwood A.Ş.	Bursa	800 (m ³ /gün)
11-Teverpan A.Ş.	Tekirdağ	500 (m ³ /gün)
12-Tever MDF A.Ş.	Tekirdağ	800 (m ³ /gün)
13-Yıldız Sunta MDF A.Ş.	İzmit	1.550 (m ³ /gün)
14-Yıldız Entegre A.Ş.	İzmit	3.170 (m ³ /gün)
15-Turanlar Grup A.Ş.	Samsun	750 (m ³ /gün)
16-SBS A.Ş.	Bursa / M.Kemalpaşa	300 (m ³ /gün)
17-Kast. Entegre A.Ş. (Kastamonu)	Adana	1.400 (m ³ /gün)
18-Yıldız Entegre A.Ş.	Mersin	1.450 (m ³ /gün)
Toplam		16.490 (m ³ /gün)

Ülkemizde yapılan odun esaslı panel yatırımları mobilya sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak için özellikle yonga levha ve MDF üzerinde odaklanmıştır. MDF üretim hatlarında aynı zamanda laminant parke üretimi için gerekli olan yüksek yoğunluklu lif levha (HDF, high density fiber board)’nın üretimi de yapılmaktadır. Türkiye levha sektörünün en önemli iki alt sektörü bulunmaktadır. Birincisi mobilya ve dekorasyon sektörü, ikincisi mobilya sektörünün yarı mamul ihtiyacını karşılayan yonga ve lif levha ile ağaç ürünleri sektörüdür. Ülkemizde yonga ve lif levha sektöründe, son

yıllarda artan yatırımlarla dünya standartlarında ileri teknolojiyle üretim yapan tesisler kurulmuş ve dünyada söz sahibi bir kapasite ve üretim teknolojisine ulaşmıştır. Son MDF yatırımlar sonrasında Almanya'yı geçerek Avrupa'nın birincisi, Dünyanın Çin ve Amerika Birleşik Devletlerinden sonra üçüncü büyük lif levha üreticisi konumundadır. Sektörde 2014 verilerine göre; lif levha (MDF) üretiminde Avrupa'da 1., Dünya'da 2. sırada, yonga levha üretiminde; Avrupa'da 3., Dünya'da 5. sırada, laminant parke üretiminde Avrupa'da 2., Dünya'da 3. sırada yer almaktadır. Türkiye'de üretim gerçekleştiren tüm şirketler Yonga-Lif Levha Sanayicileri Derneği altında toplanmış bulunmaktadır. Sektörün toplam kurulu kapasitesi 11.517.120 m³/yıl'dır. Bu sayı yonga levha için 5.545.920 m³/yıl, lif levha (MDF) için ise 5.971.200 m³/yıl'dır. Sektörün en önemli problemi; ana hammaddesi olan odun temininin yeterli olmaması ve yurt dışına göre pahalı olmasıdır. Ülkemizdeki odun fiyatları, Avrupa'ya göre 2 kat, Amerika, Brezilya, Kanada, Venezuela, Ukrayna, Rusya'ya göre 3 kat daha pahalıdır. (Levha maliyeti içinde, odun hammaddesinin payı % 45-50 civarındadır.) Ülkemiz dünyanın en pahalı odununu kullanmakta olup, toplam odun hammaddesi ihtiyacının % 30-35'ini ithal odun ve odun yongası (chips) ile karşılamaktadır. Sektörün toplam hammadde ihtiyacının % 25- 30'u yurtdışından ithal edilmekte, % 70-75'i yurtiçinden temin edilmektedir. Odun; yurt içinde orman işletmelerinden ve piyasadan satın alınmaktadır. Ayrıca yurtdışından ithal getirilmektedir. 2016 yılında eklenmiş yeni kapasitelerin sayesinde ülkenin kurulu kapasitesi 12.500.000 ton/yıl a çıkmıştır. % 75-80 kapasite kullanım oranları doğrultusunda üretim miktarları yaklaşık 10.000.000 m³/yıl seviyesinde olacaktır. Ayrıca, bu üretime karşılık hammadde ihtiyacı 11.500.000 ton/yıl a ulaşacaktır (Yüksek, 2017).

1.3. Lignoselülozik Endüstriyel Atıkların Önemi ve Değerlendirilmesi

Dünyanın pek çok ülkesinde, tarımsal ürünlerin hasadı ile sanayide işlenmesi sırasında oluşan; sap, saman, kepek ve melas gibi atıkların ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu atıkların büyük bir kısmı yakılmakta ya da ortamda bırakılmakta, geri kalan az bir kısmı ise; hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Akyüz ve Kırbağ, 2009).

Türkiye’de üretilen pellet yakıtlarının bir bölümü MDF fabrikalarının atıklarından yapılmaktadır. Kömür ve petrol türevi yakıtlara göre çevresel atık gazları ne kadar azda olsa yine de çevreci sayılamaz. Baca gazındaki sıkıntı MDF üretiminde kullanılan kimyasallardan kaynaklanmaktadır. MDF atıklarının pellet yapımında kullanılmasının başlıca nedenleri ise, ham madde bolluğu, ucuz olması, işlem yapılmaksızın imalata geçilebilmesi gibi sıralanabilir (Acar, 2014).

Günümüzde lignoselülozik kaynakların enerji ve diğer kullanım yerleri için gerekli olan hammaddeyi temin için hızlı yetişen ağaç türlerinin yetiştirilmesi, tüm ağaçtan yararlanma, odun ve odun kökenli atıkların (atık kâğıt, orman kesim atıkları vb.) kullanılması gerekir. Ayrıca, yıllık bitki ve tarımsal atıklar (saman, göl kamışı, pamuk sapı, ayçiçeği ve tütün sapsarı) enerji üretimi için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Türkiye dünyanın sayılı yıllık bitkileri üreticisi arasında bulunmaktadır. Diğer yandan, orman kaynaklarından yıllık odun hammaddesi artımı 20 milyon m³ gibi çok sınırlı olup, kâğıt endüstrisi, ağaç malzeme kaplama endüstrileri, lif levha ve kereste endüstrileri gibi diğer odun işleyen endüstri dallarının rekabeti ile karşı karşıyadır. Yıllık bitki ve tarımsal atıkların asıl yetiştirilme amaçları besin temini ya da diğer endüstride kullanımı olduğundan ve maddelerin sürekliliği daima mümkün görülmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 2001).

Türkiye’de büyük miktarda orman endüstri alanında atıklar ve tarımsal atıklar mevcut olup rasyonel bir şekilde değerlendirilmemektedir. Bu lignoselülozik dolgu maddeleri Türkiye’de tarımsal atık potansiyeli miktarlarına bakılarak iyi ve mükemmel bir yüksek değerde hammadde olduğu görülebilir. Bu lignoselülozik hammaddelerin geri dönüşümü sağlanarak polimer-kompozit üretiminde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. (Mengeloğlu, 2006).

Odun hammaddesi gün geçtikçe çok değişik alanlarda kullanılmaya başlamıştır. Dolayısıyla odun hammaddesine olan talep ve mevcut arz arasındaki dengesizliğin kaçınılmaz olacağı açıktır. Bu nedenle, odun lifi yerine zirai ve diğer kaynaklı alternatif liflerin kullanılması, kullanılan hammaddenin geri dönüşümü, daha etkin teknolojiler ve yeni ve daha iyi kaliteli ürünlerin geliştirilmesi gelecekteki odun arz ve talep tablosunda önemli bir rol oynayacağı görülmektedir (Cooper and Balatinecz, 1999).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Atık ve kaynaklar eylem programı tarafından odun kökenli levhaların geri dönüşüm olanaklarının artırılması yönünde bir proje yazılmış bu projede muhtemel geri dönüşüm yöntemleri tanıtılmıştır (Anonymous, 2002). Demirkır ve Çolak (2011) 2006 yılında geri dönüşüm yöntemlerinin tanıtıldığı bir çalışma yapılmıştır.

Yapılan literatür incelemeleri sonucu son yüzyıl içerisinde atık ahşap ürünlerinin yeni ürünlere dönüştürülebilmesi için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında mekanik liflendirme, termo-hidrolik liflendirme ve kimyasal hamur hazırlama yöntemi ile liflendirme gibi birkaç yöntem gelmektedir. Bu yöntemlere ek olarak son dönemde yapılan çalışmalar sonucu buhar patlatma, kimyasal emprenye ve çekiçli değirmen ile liflendirme yöntemleri gibi yeni yöntemler keşfedilmiş ve uygulanmaya başlandığı ifade edilmiştir (Lubis, Park and Woo, 2016).

Geri dönüştürülmüş atık selülozik ürünlerden lif levha üretmeye yönelik ilk yöntem, Amerika Birleşik Devletleri'nde termo-mekanik metot uygulaması ile geliştirilmiştir. Sonrasında, 1994'te Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 37 milyon ton kağıt ve atık ahşap malzemelerden geri dönüşüm yöntemiyle tekrardan kağıt, karton, izolasyon levhası, lif levha, MDF ve yonga levha üretimi sağlanmıştır (Lubis, Hong and Park, 2018).

Son dönemlerde ise hidroliz yöntemi ile yeni bir metot geliştirilmiş ve kürlenmiş üre formaldehit reçinesinin atık MDF'lerden ayrıştırılarak lif geri dönüşümü sağlanmıştır. Bu yöntemde asit hidrolizi ile MDF'lerdeki tutkalın %75'i, nötral (su ile yapılan) hidrolizi ile %50'si ve alkali hidroliz ile %25'i ayrıştırılabilmektedir. Çalışma sonucu hidroliz şartlarına göre MDF'lerdeki üre formaldehit tutkalının %25'i ile %75'i arasında bir miktar ayrıştırılabileceği tespit edilmiştir (Lubis, Hong, Park and Lee, 2018).

Literatürde, uygulanan bazı metot farklılıkları sonucunda lif boy ve özelliklerinde değişiklikler olduğu ve bu konularda ileri çalışmaların gerekliliği ifade edilmektedir. Bu bağlamda, atık MDF ve MDF parçalarından tekrar lif elde etmede çift vidalı ekstruder makinesi, termo-mekanik rafinör ve buhar patlatma yöntemleri

kullanıldığında uygulanan mekanik etkiler sebebiyle lif boylarının taze lif boylarına kıyasla ortalama %30 seviyelerinde bir azalmanın gözleneceği ifade edilmiştir. Ayrıca, MDF üretiminde atık lif kullanımının %15 olması durumunda üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli derecede bir olumsuzluğa neden olmayacağı ifade edilmiş ancak, bu oranın %33 ve üzeri olması durumunda ise levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde olumsuz yönde azalmaların gözlemlendiği tespit edilmiştir (Zeng, Lu, Zhou, Chen, Rao, and Fan, 2018).

Zeng et al., (2018) geri dönüşüm lif elde etmek için atık MDF parçalarının kaynar suda bekletildiği ve sonra hamur dövücü ile dövülerek geri dönüşüm lif elde edildiği bir çalışmada elde edilen liflerin geri dönüşüm verimi %91 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucu geri dönüşüm liflerin normal liflere kıyasla %12 daha kısa olduğu ayrıca uç kırıklığı oranının ise %17 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Lif genişliği ve dağılımı konusunda anlamı derecede fark gözlenmemiştir. Mekanik özellikleri incelendiğinde taze liflerden üretilmiş MDF'lere kıyasla geri dönüşüm liflerden üretilmiş MDF'lerin eğilme direnci %10, elastikiyet modülü %5 ve orta tabaka yapışma kalitesi %11 oranında daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu durumun lif boylarındaki aritmetik ortalamanın düşüşünden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Lif boylarının aritmetik ortalamasında %12,44 oranında azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, üretilen deney numunelerinin çekme direncinde ise %12 oranında azalma tespit edilmiştir. Bu bağlamda, bu durumun numunelerin boyutsal stabilitesi ve rutubete karşı olan direncinde artış sağladığı ifade edilmiştir. Literatür taramasında gözlemlendiği kadarıyla pişirme-dövme metodu liflere daha az zarar vermiş, lif morfolojisi ve lif tutkallanma özelliklerinde iyileşmeler sağladığı tespit edilmiş, buhar patlatma yöntemi ile kıyaslandığında ise buhar patlatma yöntemi kullanılarak elde edilen liflerin taze liflere kıyasla %30 oranında daha kısa olduğu tespit edilmiştir.

MDF üretiminde %33 oranında atık MDF lifi kullanmanın levhaların su absorpsiyon özelliğinde ve kalınlığına şişme özelliğinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ancak, %33 ten fazla atık MDF lifi kullanımının orta tabaka yapışma direncine olumsuz yönde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, %100 atık MDF lifi ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalara polimetrik difenilmetan di izosiyanat tutkalı eklemenin üretilen levhaların kalınlıklarında meydana gelecek değişimleri taze liflerden sadece üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen MDF'lere

kıyasla önemli derecede azaltacağı ifade edilmiştir. Ancak, %100 atık MDF lifi ile üretilen MDF'lerin orta tabaka yapışma dirençlerinde önemli derecede azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir (Roffael, Behn, Schneider and Krug, 2016).

Endüstriyel HDF'lerden elde edilen geri dönüşüm liflerin yapıları laboratuvar lif analiz cihazı vasıtası ile incelenmiştir. İnceleme sonucu hamur içindeki lif boyutlarında gözlemlenen en fazla değişiklik hamura %15 ile %30 arasında eklenen geri dönüştürülmüş lif yüzde aralığında gözlemlenmiştir (Klimczewski and Nicewicz, 2013).

Bir başka çalışmada MDF'den geri dönüşüm lif elde etmede 2 yöntem kullanılmış ve bunlardan elde edilen lifler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Bu yöntemler ise çekiçli değirmen vasıtasıyla ve rafinör vasıtasıyla lif elde edilen yöntemlerdir. Çekiçli değirmenden elde edilen liflerin ortalama boyu 0,748 mm, rafinörden elde edilen liflerin boyu 0,665 mm olarak taze liflerin boyu ise 0,987 mm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, geri dönüşüm liflerden çekiçli değirmenin liflerinin %53 ü ile rafinör liflerinin %64 ünün boyu 0,5 mm'nin altında ölçülmüştür. Bunun aksine, taze liflerin sadece %26'sının boyu 0,5 mm'nin altında ölçülmüştür. Taze liflerin %48'inin lif boyu 1 mm'nin üzerinde çıkmıştır. Buna karşın, çekiçli değirmen liflerinin yaklaşık %30 u ile rafinör liflerinin yaklaşık %25'inin boyları 1 mm'nin üzerinde olarak tespit edilmiştir (Lubis et al., 2016).

%75 kabuksuz çam odununa %25 oranında atık MDF katılarak Atık MDF'den lif üretiminde çekiçli değirmen yöntemi kullanılmıştır. Bu aşamadan sonraki işlemler bir fabrikada MDF levha üretim şartlarına ve prosesine bağlı olarak devam etmiştir. Çalışma sonucu orta tabaka yapışma kalitesi kontrol grubunda 1,02 N/mm² olarak tespit edilmişken %25 oranında atık MDF katılarak üretilen levhalarda 0,60 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülünde de benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Ancak, bu verilerin aksine levhaların çalışma özelliğinde olumlu yönde bir gelişme tespit edilmiştir (Mantanis, Athanassiadou, Coutinho and Nakos, 2004).

Wan, Wang and Shen, (2014) atık MDF, yonga levha ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) paneller ayrı ayrı buhar patlatma işlemine maruz bırakılmıştır. Ayrıca, MDF ve yonga levhalara 0,5% oranında bütan tetrakarboksilik asit (BTCA) ve 0,5% oranında sodyum hipofosfit hidrat (NaH_2PO_2) kimyasalı kullanılarak termo-kimyasal emprenye işlemi uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra yonga levhalar çekiçli değirmen vasıtası ile yongalarına ayrıştırılmıştır. Sonuç olarak, buhar patlatma işlemi uygulanmış MDF'lerin lif boyları taze liflere kıyasla %30 oranında kısa olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, atık yonga levhaların lif boyları atık MDF'lerin lif boylarından uzun olarak tespit edilmişken taze lifli MDF'lerin lif boylarından ise kısa olarak gözlemlenmiştir. Atık yönlendirilmiş yonga levhalardan elde edilen lifleri lif boyları taze lifli MDF'lerden, atık MDF'lerden ve atık yonga levhalardan elde edilen liflerin lif boylarından daha uzun olarak ölçülmüştür. Son olarak, 0,5% oranında bütan tetrakarboksilik asit eklenerek termo kimyasal emprenye işlemi uygulanan atık MDF ve yonga levhaların tamamen parçalara ayrıldığı gözlemlenmiş ve yöntemin etkili olduğu belirtilmiştir.

Ahmadi, Moezzi pour and Sharari, (2017) atık MDF'lerden lif geri dönüşümünde ohmik ısıtma (atık MDF'lere doğrudan elektrik vererek ve içerisinden elektrik geçirilerek ısıtılması) ve hidrotermal metot kullanılmıştır. Kontrol grupları taze liflerden üretilmiştir. Çalışma sonucu geri dönüşüm yönteminin liflerin kimyasal özelliklerinde değişikliğe neden olduğu tespit edilmiştir.

Sheykhi, Tabarsa and Mashkour, (2016) atık MDF parçalarından ohmik ısıtma yöntemi kullanılarak geri dönüşüm lif elde edilmiştir. İşlem uygulamasından 45 dakika sonra hidroliz sonucu lifler serbest hale geçmeye başlamışlardır. Elde edilen liflerden %30'u geri dönüşüm lif, %70'i taze lif olacak şekilde karışım hazırlanmış, üre formaldehit tutkalı %8 ve %12 olacak şekilde 2 farklı deney grubu oluşturulmuş ve son olarak üre formaldehit tutkalına %0, %1 ve %3 oranlarında nanoselüloz eklemesi yapılarak diğer deney grupları hazırlanmıştır. Çalışma sonucu en yüksek eğilme direnci ($14,47 \text{ N/mm}^2$), elastikiyet modülü değerleri ($1359,096 \text{ N/mm}^2$), orta tabaka yapışma kalitesi ($0,5 \text{ N/mm}^2$), en düşük 2 ve 24 saatteki kalınlık değişimi (sırasıyla %4,72 ve %9,86), en düşük 2 ve 24 saatteki su absorpsiyon yüzdesi (sırasıyla %33,11 ve %80,65) %12 oranında tutkal ve %3 oranında nanoselüloz eklenen grupta olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak geri dönüşüm liflerin taze lifler ile birlikte

kullanılabileceği ayrıca, tutkala nanoselüloz eklenmesi ile levhaların mekanik özelliklerinde iyileşmeler ile levhaların kalınlık değişimi- su alma miktarlarında azalmalar sağlandığı tespit edilmiştir. Değişikliğin çoğunun hemiselüloz ve ekstraktif içeriğinde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca özellikle hidrotermal yöntem sonucu liflerin ıslanabilirliği azalmıştır.

Diğer bir çalışmada atık MDF'lerden farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanacak hidroliz işlemi ile kürlenmiş üre formaldehitin levhalardan uzaklaştırılması ve liflerin geri dönüşümü amaçlanmıştır. Hidroliz işleminde su, 2 adet asit çözeltisi ve 2 adet baz çözeltisi kullanılmıştır. Beklenildiği üzere atık MDF'lerden en fazla üre formaldehiti asit çözeltilerinin (sırasıyla sülfürik asit ve oksalik asit) uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Daha sonrasında su ve alkali (sırasıyla sodyum hidroksit ve sodyum sülfid) çözeltilerin geldiği belirtilmiştir. Ayrıca, sıcaklığın süreye kıyasla hidroliz işlemine daha fazla katkı sağladığı gözlemlenmiştir (Lubis et al., 2016).

Lykidis and Grigoriou, (2008) odun artıklarının ufak parçalara ayrılarak ve üre-amonyak-soda çözeltisi ile emprenye ederek liflendirmeye yönelik metod geliştirmişlerdir. Emprenye sonrası lifler arasındaki tutkal bağlarının kopması için malzemelere ısıtma işlemi uygulanmıştır. Buna ek olarak, Fibersolve Ltd. şirketi tarafından duyurulan "envirofiber" isimli proje de ise MDF üretiminde kullanılmak üzere atık ahşap panellerden hidrotermal hamur hazırlama yöntemi ile lif hazırlanması amaçlanmıştır.

Orman gülü odunundan üretilen MDF'nin teknolojik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla orman gülü ve sarıçam-saplı meşe odunları 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100 oranlarında karıştırılarak üretilen levhaların teknolojik özellikleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, üretilen levhaların test sonuçları TS EN standartlarının üzerinde çıkmıştır ve orman gülünün MDF endüstrisinde değerlendirilebileceği tespit edilmiştir (Çamlıbel, 2012).

Balkız, (2006), Laboratuvar ve fabrika koşullarında ormangülü odunu lifleri kullanılarak MDF elde edilmiştir. Tablo 2.1'de laboratuvar koşullarında üretilen levhaların bazı özelliklerini fabrika koşullarında üretilen levhalar ile kıyaslamıştır.

Tablo 2. 1. Orman Güllü MDF'nin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

		Laboratuvar Koşulları	Fabrika Koşulları
Birim Hacim Ağırlık	Alt Limit	781	797
	Üst Limit	810	800
2 Saat Suda Bekleme Sonrası Kalınlık Artışı	Alt Limit	4,57	5,41
	Üst Limit	18,29	5,60
24 Saat Suda Bekleme Sonrası Kalınlık Artışı	Alt Limit	8,41	10,01
	Üst Limit	23,13	10,40
2 Saat Suda Bekleme Sonrası Ağırlık Artışı	Alt Limit	15,17	23,58
	Üst Limit	57,10	24,44
24 Saat Suda Bekleme Sonrası Ağırlık Artışı	Alt Limit	30,41	33,70
	Üst Limit	67,34	37,88
Eğilme Direnci	Alt Limit	22,35	37,31
	Üst Limit	37,63	38,46
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Alt Limit	3219,01	2909,91
	Üst Limit	5348,25	2974,68
Levha Yüzeyine Paralel Çekme Direnci	Alt Limit	13,60	19,17
	Üst Limit	19,54	19,71
Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci	Alt Limit	0,353	0,815
	Üst Limit	0,710	0,822
Levha Yüzeyine Paralel Vida Tutma Direnci	Alt Limit	584,12	1914,09
	Üst Limit	1604,09	2157,79
Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci	Alt Limit	1797,85	2554,96
	Üst Limit	2962,29	2583,07

Yapılan laboratuvar denemelerinden sonra levha içerisindeki yapıştırıcı oranı ile elde edilen levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin doğru orantılı olduğu, pres faktörlerinin ise değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma ile ormangülü odunu kullanılarak TSE standartlarında belirtilen özelliklere uygun MDF üretiminin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Olgun, Ateş, Akça, Külçe, Kabaca et al., (2014) üretim esnasında açığa çıkan lif levha atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde odun unu yerine potansiyel olarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Odun plastik kompozit (OPK) üretiminde polimer matris olarak polipropilen (PP) seçilmiş ve %10 ile %50 arasında lif levha atık unu ile sekiz farklı parametrede çift vidalı ekstruder kullanılarak pellet üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, MDF unu katılım oranının artmasına bağlı olarak çekme ve darbe direnç değerlerinde belirgin düşüşler gözlenmiştir. MDF unu takviyeli kompozitlerin elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerleri plastik keresteler için ASTM D 6662 standardında istenen değerlerin çok üstünde olup plastik kereste kullanım alanlarında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. (29) Diğer bir çalışmada da çeşitli atık kağıtların MDF üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada kağıtlardan lif açma işlemi ile elde edilen lifler, farklı oranlarda karıştırılarak MDF üretilmiştir. MDF direnç değerleri üzerinde geri dönüştürülmüş liflerin oranı arttıkça azalma gözlenmesine rağmen %25 geri dönüştürülmüş lif eklenmesi ile kontrol gruplarına yakın değerler elde etmişlerdir.

Uygulanan liflendirme yöntemlerinden daha çok fiziki yöntemlerin uygulamasının daha kolay olduğu ve son 100 yıldır aktif olarak kullanıldığı görülmektedir. Son dönemlerde hidroliz, ohmik ısıtma, termo kimyasal yöntemler ve kimyasallar ile emprenye ederek tutkal bağlarının koparılması uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Kimyasallar ile emprenye etme yönteminde bazı asitler, alkaliler ve su kullanılmıştır. Bu kimyasal çeşitlerinin arttırılması ve mikrodalga yöntemi gibi daha modern liflendirme yöntemlerinin geliştirilmesi ve bu konularda yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

3. GENEL KISIMLAR

Son yıllarda meydana gelen artışla gelecek yıllar içerisinde de odun kökenli yapı malzemelerine önemli ölçüde ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Özellikle nüfus artışı ile paralel seyreden odun kökenli malzemelerin kullanım oranları dünya ormanları üzerine oldukça büyük bir baskı oluşturmakta gelecekte her ne kadar yenilenebilir bir malzeme olmasına rağmen bu sektörde büyük bir hammadde dar boğazının yaşanılması söz konusudur. Gelecekteki odun arz ve taleplerinin dengelenmesi amacıyla alternatif kaynakların kullanılması ve geri dönüşüm üzerine olan çalışmalar oldukça önem kazanmış durumdadır. Çok hızlı değişen odun kökenli malzemelere olan ihtiyaçlar hem ekonomik gelişmelerden etkilenmekte hem de giderek artan baskı ile birlikte oluşan çevre bilinci ile çevreyi korumaya yönelik yasalar, birçok endüstride olduğu gibi orman ürünleri endüstrisinde de mümkün olan en az hammadde ile maksimum üretimin yapılması şeklinde bir düşünceye dönmüştür. Pratikte bu düşünce orman kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımı, devamlı azalan kaynakların fonksiyonel kullanımı, şeklinde dönüşmüştür (Şahin, 2014). Yukarıdaki hususlar ele alındığında; geri dönüşüm kullanılmış odun ve odun kökenli ürünlerin yeniden üretime sokulması sektörü hammadde bakımından bağımlılığını azaltacağı düşünülmektedir (Lubis et al., 2016).

3.1. Lif levha Üretim Yöntemleri

Çeşitli yöntemlerle lif hamuru üretildikten sonra bu liflerden istenilen özelliklere sahip lif keçesi ve ondan da lif levha elde edilmesi gerekir. Elde edilen liflerin keçeleşme kabiliyeti lif keçesi formasyonu ve son levhanın sağlamlığı üzerine çok büyük ölçüde etki eder. Lif keçesinin oluştuğu ortamın özelliklerine göre 3 türlü lif levha üretim yöntemi vardır (Eroğlu ve Usta, 2000):

- Yaş yöntem
- Yarı kuru yöntem
- Kuru yöntemdir.

Yöntemleri birbirinden ayıran en önemli etken levha taslağının oluşumu sırasındaki liflerin içerdiği rutubet oranıdır. Bu oran, yaş yöntemde %100 veya daha fazla, yarı kuru yöntemde %12-45, kuru yöntemde ise %5-10 arasındadır. Diğer bir etken ise, liflerin taşınmasını ve levha taslağının oluşumunu sağlayan ortamdır. Yaş yöntemde bu işler su yardımı ile sağlanırken yarı kuru ve kuru yöntemlerde hava ve mekanik araçlarla sağlanır. Bunlardan başka, yapıştırıcı kullanılıp kullanılmaması da önemli bir ayırım özelliğidir. Bilindiği üzere, yaş yöntemde ancak özel hallerde yapıştırıcı kullanılırken yarı kuru ve kuru yöntemle yapılan üretimlerde olağan olarak yapıştırıcı kullanılır (Eroğlu ve Usta, 2000).

3.1.1. Yaş Yöntem

Bu yöntemde formasyon ortamı sulu lif süspansiyonu olup %1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilmekte, mümkün olduğu kadar düzenli lif dağılımı sağlanarak lif keçesi haline getirilmektedir. Burada, en önemli sorun üniform bir levha taslağı elde etmektir. Çünkü, lifler daima kümelenmeye meyillidir. Bunun için de düşük konsantrasyon ve mekanik karıştırmadan yararlanılır. Yaş yöntemde elde edilen levhaların sadece bir yüzü düzdür (S1S=smooth one surface). Diğer yüzünde elek izi bulunur. Çünkü, oluşturulan lif keçesi preslerde sıcaklık ve basınç altında preslenerek kurutulur ve presin bir yüzünde de elek bulunur (Eroğlu ve Usta, 2000).

3.1.2. Yarı Kuru Yöntem

Burada, levha taslağının oluşumu sırasında nem oranı %12-45 arasında olup, taslağın oluşturulmasında sulu ortamdan yararlanılmayıp bu amaçla, hava veya mekanik araçlardan yararlanılır. Arıca, liflerin doğal yapışma özelliklerinden ziyade yapıştırıcılar kullanılarak gerekli sağlamlık elde edilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

3.1.3. Kuru Yöntem

Nem oranı %5-10 arasındadır. Elde edilen lifler rutubetin uzaklaştırılması için özel olarak kurutmaya tabi tutulur. Daha sonra, hava veya mekanik araçlarla serme yapılarak levha taslağı oluşturulur ve presleme kullanılan %8-11 oranındaki tutkal ile gerekli levha sağlamlığı elde edilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

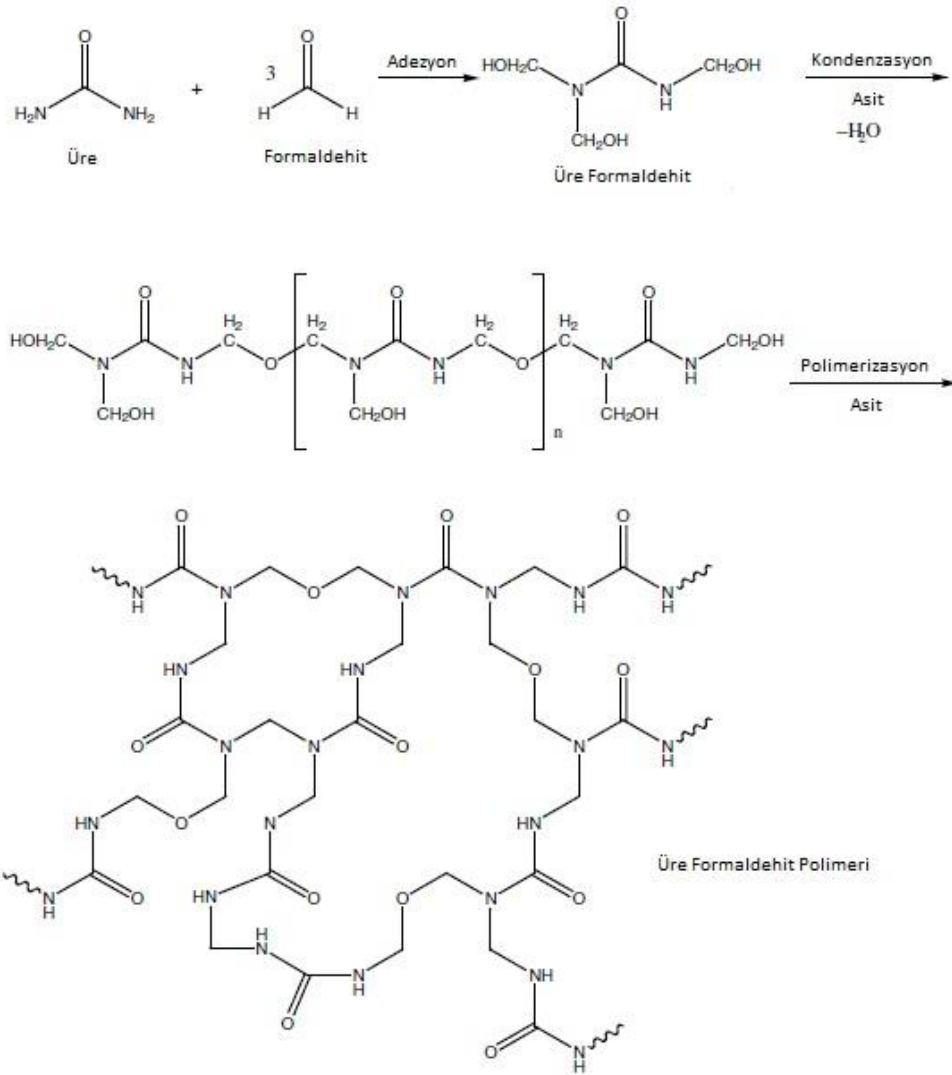
Lif levhalar enine kesitlerindeki yapılarına göre tek, iki, üç ve çok tabakalı olmak üzere farklılıklar gösterebilirler. Bu levhalardan üç veya daha çok tabakalı olanların yüzeylerinde daha ince lifler ve fazla yapıştırıcı kullanılmakta, böylece; düzgün yüzeyli ve daha sağlam yapılı tabakalar oluşmaktadır. Buna karşılık, orta tabakada daha kaba lifler ve daha az tutkal kullanılmaktadır. Böylece, daha ucuz hammadde ve daha az tutkal kullanılarak aynı kalınlık için daha ekonomik çalışmak mümkün olmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

3.2. Lif Levha Üretiminde Kullanılan Tutkallar

3.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre ve formaldehitin tepkimeye girmesiyle elde edilen yapıştırıcıya üre formaldehit reçinesi denir. Farklı hazırlama ve tepkime koşulları sayesinde neredeyse sayısız türde üre formaldehit reçinesi oluşturulabilir. Üre formaldehit reçinesi termosetting özellikte olup aminoplastik yapıştırıcıların en önemli grubunu oluşturur. Hem toz halinde hem de sıvı halde üretilebilmektedir. Üretilen tutkalın özellikleri üre formaldehitin molar oranı, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve sıcaklığa göre değişiklikler göstermektedir (Kalaycıoğlu ve Özen 2009).

Amonyak ve karbondioksitin katalizör etkisi ile basınç altında tutulması sonucu üre elde edilir. Formaldehit ise buharlaştırılmış etanolün havanın oksijeni ile oksidasyonu sonucu meydana gelmektedir. Üre formaldehit tutkalı ise pH değeri 5 olan sulu bir çözeltilde üre ve formaldehitin 1:1, 1:2 mol oranlarında birbiri ile karıştırılması sonucu meydana gelir (Nemli ve Aydın 2003). Üre formaldehitin kimyasal yapısı Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3. 1. Üre Formaldehitin Kimyasal Yapısı (Frihart, 2005)

Üre formaldehit reçinesi avantajlarıyla yonga levha ve lif levha gibi odun esaslı levha üretiminde tercih edilmektedir (Pizzi, 1994).

Üre formaldehit reçinesin avantajları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Pizzi, 1994):

- Adezyon özelliği oldukça iyidir.
- Çok çeşitli sertleşme koşulları ile uyumludur.
- Sulu çözelti olarak ayarlanabilir.
- Diğer yapıştırıcılar ile uyumlu olarak kullanılabilir.
- Reaktifliği yüksektir.
- Tamamen sertleşebilmektedir.
- Sertleşmiş haldeki rengi de şeffaftır.

- Yanıcı değil ve ısı özellikleri iyidir.
- Kokusuzdur.
- Maliyeti diğer yapıştırıcılara göre düşüktür.

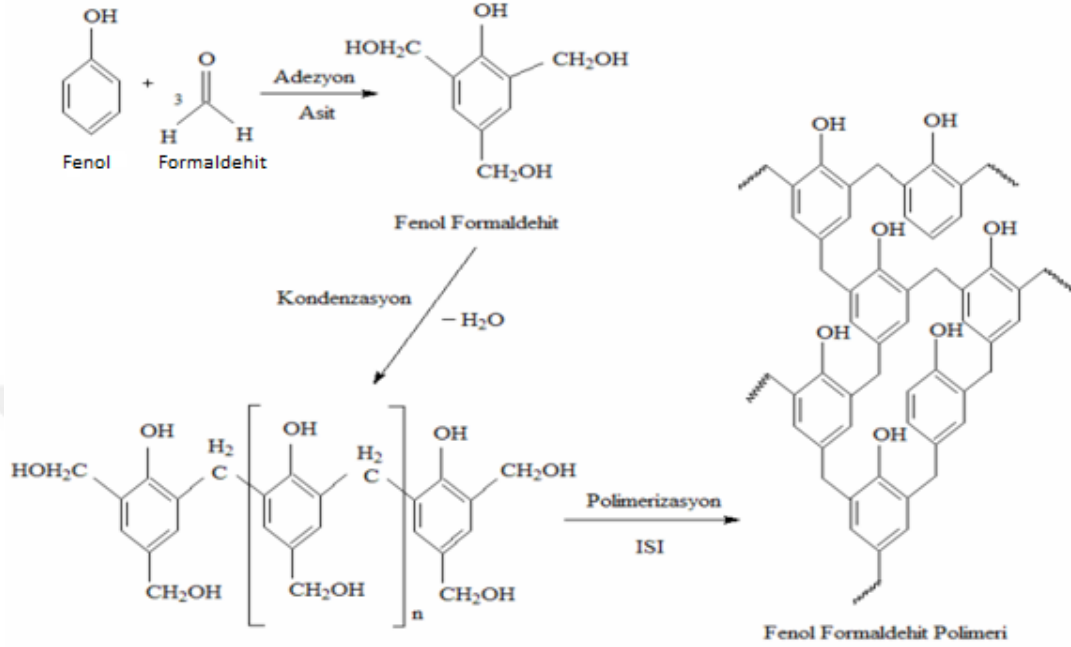
Üre formaldehit tutkalının tüm bu avantajlarının yanında su ve rutubete karşı dayanımının düşük olması sakınca oluşturmaktadır. Üre formaldehit reçinesindeki amino metilen bağların tersinir özellikte olmasından dolayı su ve rutubete karşı dayanımı düşüktür. Özellikle yüksek sıcaklıklarda su ve rutubete maruz kaldığında bu amino metilen bağlar hidrolize olurlar. Bu durum kullanım süresince ve sertleşme esnasında formaldehit emisyonunun ortaya çıkmasına sebebiyet verir. Bu nedenle rutubetin az olduğu uygulama yerlerinde tercih edilir (Çolakoğlu, 2001; Nemli ve Aydın 2003).

Üre formaldehit tutkalının özelliklerinde molekül ağırlığının kontrolü önemli bir yere sahiptir. Molekül ağırlığında meydana gelen değişimler sonucu tutkalın özelliklerinde de değişimlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle üre formaldehit tutkalı üretiminde kondenzasyon reaksiyonu sonucu molekül ağırlığında meydana gelen artışlar kontrol altında tutulmalıdır. Molekül ağırlığının birkaç bine kadar değişebildiği gözlemlenmiş ve oluşan bu moleküllerin komşu moleküllerin reaktif grupları arasındaki suyun uzaklaştırılmasıyla meydana geldiği tespit edilmiştir. Uzaklaşan suyun miktarındaki artışa bağlı olarak molekül ağırlığında da artışlar meydana gelir (Şahin, 2014).

3.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

MDF üretiminde üre formaldehit tutkalından sonra en çok kullanılan tutkal çeşidi ise fenol formaldehit tutkalıdır. Fenol formaldehit tutkalı, paslanmaz çelikten yapılan reaktörlerde sıcaklık etkisi ve katalizör yardımı ile fenol ve formaldehit maddelerinin birbirleri ile yapmış oldukları kondenzasyonun sonucunda elde edilmektedir. Formaldehit dışındaki ana hammadde olan fenol, renksiz ve son derece zehirli bir sıvıdır. Üretim reaktörlerine gelinceye kadar tamamen kapalı sistem içinde bulunmalıdır. Bu tutkal rutubete ve kaynatmaya karşı dayanıklıdır. Bu yüzden dış hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılmaktadır. Ancak, sertleşmesi yavaş olduğu için presleme sırasında daha yüksek sıcaklık ve daha uzun süre uygulanmaktadır. Bu tutkal

ile MDF üretiminde taslak rutubeti önem taşımaktadır. Çünkü rutubet miktarı normalden fazla olduğu takdirde ön sertleşme meydana gelmektedir (Ayrılmış, 2000). Fenol formaldehitin kimyasal yapısı Şekil 3.2’de görülmektedir.

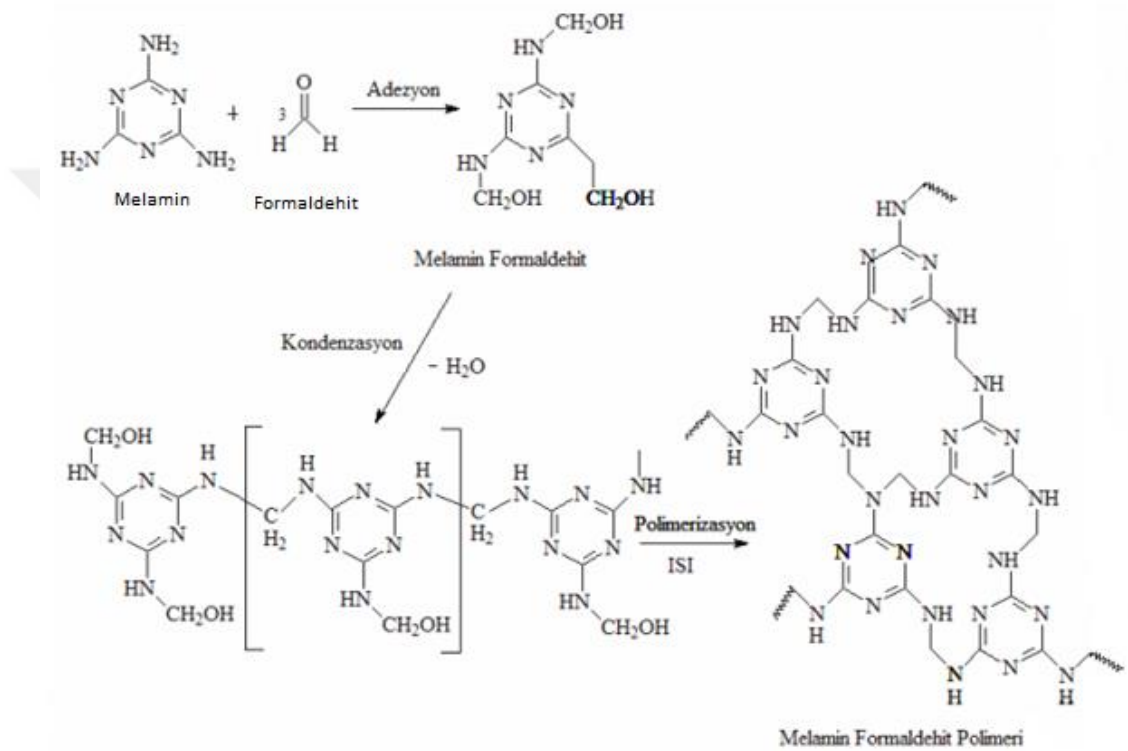


Şekil 3. 2. Fenol Formaldehitin Kimyasal Yapısı (Frihart, 2005)

3.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Kısaca melamin tutkalı da denilen bu tutkallar da tıpkı üre formaldehit tutkalı gibi bir kondenzasyon ürünüdür. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide melaminin formaldehite mol oranı 1:2-4 olacak şekilde karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyon, üre ve fenol formaldehit tutkallarında olduğu gibi sonuna kadar devam ettirilmez. Reaksiyon sonucu oluşan kondenzasyon ürünleri suda çözünebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulmasıyla reaksiyon durdurulur. Ancak, karışımda bulunan reaksiyon aktivitesini artırıcı maddeler oda sıcaklığındaki kondenzasyonun ilerlemesine ve dolayısıyla depolama ömrünün kısalmasına neden olurlar. Bu kusuru gidermek üzere de melamin tutkalı toz halinde üretilmektedir. Bu durumda tutkalı serin yerde bir yıl saklamak mümkündür. Toz halindeki tutkal 1:0,5 oranında suda çözülerek (%66’lık) sıvı tutkal haline getirilebilir. Melamin tutkalı, üre formaldehit tutkalından daha pahalı olduğu için nadiren saf halde kullanılabilir. Sıcak presleme sırasında, yarıda kalan reaksiyon sıcaklık ve katalizörlerin etkisiyle yeniden başlar ve sonuna kadar devam eder. Sonuçta, suda çözünmeyen ve erimeyen bir madde

oluşur. Bu tutkalın renginin beyaz olması ve suya dayanıklı oluşundan dolayı, yonga levha, lif levha, kontrplak gibi levha ürünlerinin yüzeyinin kaplanmasında kullanılan çeşitli kağıt türlerinin emprenye edilmesinde ve film tutkallarının üretiminde kullanılır. Ayrıca, ısı stabilitesinin üre formaldehit tutkalından daha yüksek olması, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmesi bu tutkalın diğer önemli avantajlarından (Ayrılmış, 2000). Melamin formaldehitin kimyasal yapısı Şekil 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3. 3. Melamin Formaldehitin Kimyasal Yapısı (Frihart, 2005)

3.2.4. Diğer Yapıştırıcı Maddeler

Doğal tutkallar, büyük oranda yaş yöntemle lif levha üretiminde değerlendirilmektedir. Yaş yöntemle lif levha üretiminde, geçmişte olduğu gibi günümüzde de tutkal olarak odunun yaklaşık %30'unu oluşturan lignin kullanılmaktadır. Yapışma direncini arttırmak amacıyla bazen % 1-2 oranında sentetik tutkal da katılabilmektedir. Lignin haricinde doğal tutkal olarak nişasta (mısır nişastası, çavdar unu, patates unu), Kuruyan yağlar, soya tutkalı, çam tutkalı (Vinsol tutkalı), tanen ve sülfat atık suyu kullanılabilir. Doğal fenol olan tanen lif levha üretimi için uygun bir tutkal oluşturmak amacıyla formaldehit ile reaksiyona

sokulmaktadır. Kuru yöntemle lif levha (MDF veya HDF) üretiminde ise liflerin tutkallanmasında lignin tek başına yeterli yapışma direncini sağlamamaktadır. Odunu liflendirirken elde edilen sülfat atık suyunun asitlendirme etkisi ile tutkalın nitelikleri arttırılabilmektedir (Ayrılmış, 2000).

Son yıllarda maliyetlerindeki önemli ölçülerdeki artışlar fenolik tutkalların üretiminde, yenilenebilir hammadde kaynaklarının bulunması ve kullanımına yönelik araştırma ve geliştirme çabalarını artırmıştır. Özellikle zengin fenolik yapılarda olan tanen ve lignin gibi doğal maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur. Georgia Pacific Resins Inc. yenilenebilen bir hammadde olan lignin ile modifiye edilmiş fenolik tutkal kullanılarak üretilmiş bir kontrplak geliştirilmiş ve bu konuda patent almıştır. Üç yıllık ticari kullanım ve yapılan testler neticesinde ligninle modifiye edilen fenolik tutkalın normal fenolik tutkallar kadar hatta daha üstün özellikler gösterdiği görülmüştür. Ligninin kullanılmasıyla fenolden %15-30 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (White, 1995).

3.3. Lif levhada Geri Dönüşüm Yöntemleri

Geri dönüşüm çeşitli yöntemlerle atık malzemeyi temel olarak kendi hammaddesi haline dönüştürme işlemidir. Kağıt ve lif esaslı malzemelerin geri dönüşümlerinde selüloz molekülleri mekanik etkilerin etkisi ile parçalanmakta bu durumda lif boyutları azalmaktadır. Bu durum elde edilecek yeni ürünün direnç özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Şahin, 2014).

3.3.1. Atık Levhaların Yongalanarak Değerlendirilmesi

Lif levha sektöründe kullanılabilirliği olmayan fakat, yonga levha sektöründe kullanılan bu yöntemde, ilgili sektörün bulunduğu konumdaki diğer endüstri dallarından temin edilen odun ve odun kökenli parçalarla birlikte testere talaşları kullanılmaktadırlar. Fakat bu durum orijinal yonga geometrisini etkilediği için levha değerlerini etkilemektedir. Yonga levha üreticileri, levha üretimi sırasında maksimum %5'ten daha az olacak şekilde atık malzemedeki üretilmiş yonga kullanılmaktadır (Anonymous, 2002; Demirkır, Çolak, 2011; URL 1, 2018). Fotoğraf 3.1 ve Fotoğraf 3.2'de atık levha yongalama makineleri ve yöntemi görülmektedir.



Fotoğraf 3. 1. Yongalama Makinesi ve Üretilen Yongalar (URL 7, 2018; URL 8, 2018)



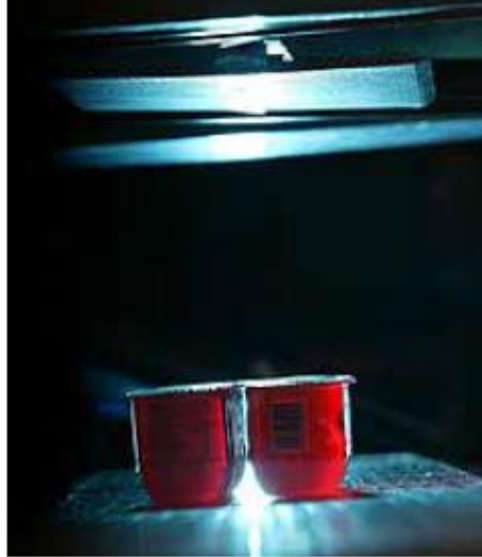
Fotoğraf 3. 2. Laboratuvar Tipi Yongalama Makinesi

3.3.2. MDF Üretimine Ekleme Yöntemi

Bu yöntem, atık ürünleri normal odun lifi üretimindeki süreçlerden geçirerek lif üretilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu durum lif kalitesini olumsuz etkilese de DTI (Department of Trade and Industry) tarafından bir çalışmada her atık malzeme kullanılan ve kullanılmayan gruplar arasında fiziksel ve mekanik özellikler açısından istatistiksel olarak anlamlı derecede bir farkın görülmediği bildirilmiştir (Demirkır ve Çolak, 2011). Fakat, buradan elde edilen liflerin yeniden kurutulması oldukça güç olmakla beraber lifler üzerinde kalan tutkal geri dönüşüm liflerden üretilen levhalarda sorun oluşturmaktadır.

3.3.3. Mikrodalga Yöntemi

Mikrodalga yönteminde atık lif levhalarda bulunan liflerin ve yine atık yonga levhalarda bulunan yongaların geri dönüştürülerek tekrar kullanımı amaçlanmaktadır (URL 1, 2018). Mikrodalga yönteminde lif ve yongaların levhalardan geri dönüştürülmesinde mikrodalga teknolojisi ile birlikte su kullanılmaktadır. Yüzey işlemleri görmüş veya görmemiş atık lif levhalar öncelikle küçük parçalara ayrılmakta, daha sonra içerisi su ile dolu olan ve yapısında metal bulundurmayan bir hazne içerisine batırılarak iyice ıslanması sağlanmaktadır. Daha sonra içi dolu bu kaba mikrodalga cihazında ısıtma işlemi uygulanarak levhaların kalınlığına şişmesi ve numune içerisindeki tutkalın yapmış olduğu bağların kopması sağlanmaktadır. Sonuç olarak odun lifleri geri kazanılmaktadır. Geri kazanılmış liflerin fiziksel görüntüsü liflendirme yöntemi kullanılarak elde edilmiş liflerin fiziksel görüntüsüyle benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Lubis et al., 2016). Bu yöntem liflerin fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz bir etki yapmadığı gibi MDF üretim uygulamalarında gerekli olan lif kalitesini sağlayabilme bakımından avantajlı bir yöntemdir. Fakat ticari anlamda uygulamalarının bulunmaması sebebiyle meydana getireceği ek üretim maliyetini kesin olarak hesaplamak mümkün olamamıştır (Wan et al., 2014). Fotoğraf 3.3'te mikrodalga yöntemi görülmektedir.



Fotoğraf 3. 3. Mikrodalgada Liflendirme Deneyi (URL 1, 2018)

3.3.4. Termohidroliz Yöntemleri

Eski tarihlerden 21. yüzyılın ilk çeyreğine kadar birbiri ile benzerlik gösteren 3 termohidroliz yöntemi keşfedilmiştir. Bu yöntemlerin tamamı odun ile tutkal arasında meydana gelen bağları, doygun buhar ortamında birbirinden koparma esasına dayanmaktadır. Bu teknolojilerin maliyeti ve enerji ihtiyaçları; sıcaklık, basınç ve buhar uygulamasının gerekli olmasından ötürü yüksektir (Anonymous, 2005, URL 1, 2018). Bu teknoloji vasıtasıyla üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri, levha üretim endüstrisi için oldukça uygun olmasına rağmen, üretim prosesinde yeni eklemeler ve uygulamalar gerektirdiğinden ekonomik olarak uygulanabilirliği düşük olarak tespit edilmiştir. Fotoğraf 3.4'te termohidroliz yöntemi görülmektedir.



Fotoğraf 3. 4. Termohidroliz Yöntemi (URL 1, 2018)

3.3.4.1. Sandberg yöntemi

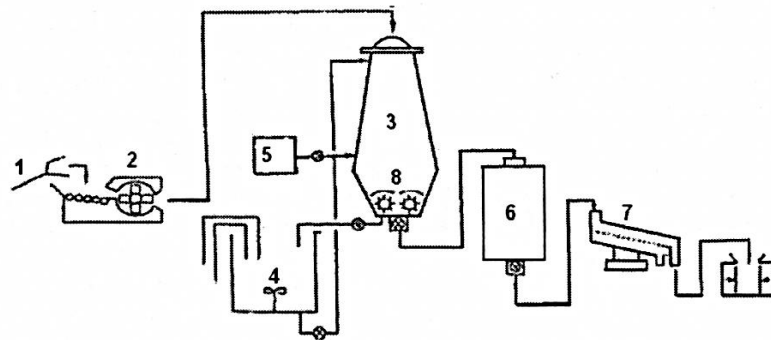
Sandberg yönteminde mekanik olarak yongalanmış yonga levha atıkları, geniş bir otoklav içerisinde 500 kpa basınç altında yaklaşık olarak 4 saat süre ile buhar muamelesine tabi tutulması ile sağlanmaktadır. Bu işlem sonucunda gevşeyen bağlar mekanik ayırma yöntemi ile kolaylıkla ayrılabilirler. Yaklaşık % 30 oranında geri kazanılmış yonga kullanılarak üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli derecede bir kaybın olduğu tespit edilmemiştir (Demirkır ve Çolak, 2011).

3.3.4.2. Pfleiderer yöntemi

Pfleiderer yönteminde 180°C sıcaklığa ayarlanmış otoklavda atık malzemeler 2 dakika boyunca bekletilerek bağların gevşemesi sağlanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak geri kazanılmış yongalarda iyi bir yapışma sağlanabilmesi için, daha yüksek miktarda formaldehit oranı içeren üre formaldehit tutkalı kullanılmalıdır. Arzu edildiği takdirde, geri kazanılmış yongalardaki tutkal kalıntıları, su ile yıkanabilmektedir. Eğer yıkama işlemi yapılacaksa yıkama işlemi sonrası bir kurutma işlemi gerekmektedir. Bu teknolojinin yonga levhalarda ve metalik parçalar içerseler dahi kullanılmış mobilyalarda uygulanabilirliği mümkündür (Demirkır ve Çolak, 2011). Metalik parçalar, mekanik öğütmeden sonra elekler yardımı ile malzemeden uzaklaştırılabilmektedir.

3.3.4.3. Kimyasal-termo mekanik yöntemi (WKI)

WKI tarafından geliştirilmiş olan bu yöntem Şekil 3.4'te görüldüğü iş akışı doğrultusunda geri kazanım işlemini gerçekleştirmektedir. Yöntemin ilk basamağında yongalanan yonga levha veya MDF atıklarından elde edilen yonga veya lifleri ayırmak için, su ve üreden oluşan bir emprenye çözeltisi ile muamele işlemi yapılmaktadır. İkinci basamakta ise ayrışan yongalara 200 kpa basınç ve 80-120 °C sıcaklık altında tutkal-odun bağı ayrışana kadar bir ısıl işlem uygulanmaktadır. Bu işlemden sonra yongalar bir kurutucu aracılığı ile kurutulmalıdır (Anonymous, 2005; Demirkır ve Çolak, 2011; URL 1, 2018).



1: Materyal girişi	5: Isı
2: Yongalayıcı	6: Kurutucu
3: Otoklav	7: Davul Elek
4: Emprenye çözeltisi konteynırı	8: Karıştırıcı

Şekil 3. 4. WKI Prosesinin Şematik Diyagramı (Demirkır ve Çolak, 2011)

Yapılan araştırmalar sonucu bu yöntem kullanılarak %100 oranında geri kazanılmış yongalardan levha üretimini mümkün olduğu tespit edilmiştir (Demirkır ve olak, 2011). Normal yongalardan üretilen levhalara göre bu şekilde üretilen levhalardan daha az formaldehit emisyonu ayrışmasının olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu yöntem sayesinde üretimde gerekli olan tutkal miktarında azaltma yapılabileceği ve bu tür yongalardan üretilmiş levhaların daha iyi teknik ve mekanik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Anonymous, 2005).

Normal yonga veya liflerden üretilen levhalara kıyasla WKI yöntemi ile üretilen levhalar daha iyi özellikler göstermektedirler (şahin, 2014). Ayrıca, bu yöntem arazilere başıboş bırakılan atık yonga levhaların büyük bir bölümünün dönüştürülmesi sağlayabilecek kapasite sunmaktadır. Sandberg ve Pfliederer' in uygulamış oldukları yöntemlerin endüstriyel anlamda kullanılamama, sadece üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış yonga levhaların geri kazanımında kullanılabilir olmak ve yeniden üretilen levhaların tutkallanmasında da yine üre formaldehit reçinesi kullanımını zorunlu kılmak gibi dezavantajları olmasına rağmen bu yöntemde ise böyle zorunluluklar bulunmamaktadır (Demirkır ve olak, 2011).

3.3.5. Geri Dönüşüm Metodu olarak Asitlerin Kullanılabilirliği

Asitle uzun süre muamele edilmiş odunlarda selüloz birimleri hidrolize uğrar ve köprü bağlarının kopmasıyla glikoza dönüşür, Endüstriyel işlemler sırasında selüloz zaman zaman asitlerin etkisinde kalabilmektedir. %72'lik sülfürik asit selülozu çözererek jelatinimsi hale getirir. Derişik nitrik asit selülozu esterleştirerek trinitroselüloz veya pamuk pudrası haline getirir. %83'lük fosforik asit önemli bir aşınma olmaksızın selülozu çözer. Keza, %41'lik HCl de selülozu kolaylıkla çözer (Hafizoğlu ve Deniz, 2011).

Asidik hidrolizin başlangıç evresinde selülozun polimerizasyon derecesi (DP) hızla düşer. Ancak, selülozun amorf kısımları hidrolizle uzaklaştırıldığında DP bir dengeye ulaşır. Geriye kalan mikrokristalitlerin hidrolizi sadece kristalit yüzeyinde olmaktadır. Eğer, meydana gelen hidroliz işleminde fosforik asit gibi homojen bir sistem içerisinde meydana gelirse tüm bağların kopması benzer şekilde gerçekleşecektir (Hafizoğlu ve Deniz, 2011). Buradan yola çıkarak seyreltik asitlerle muamele ile selüloz birimleri

hedef alınarak lif-lif bağlarının koparılması yoluyla liflerin bireysel hale gelmesi mümkündür. Literatürde lif eldesi için uygulanmış bir uygulamaya rastlanmamıştır.



4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Bu çalışmada hammadde olarak Kastamonu O.S.B.'de bulunan Kastamonu Entegre A.Ş. fabrikasından temin edilen, %100 kayın ve %70 kayın +%30 Çam liflerinden üretilmiş levhalar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan levhalar daha sonraki geri dönüşüm işlemleri için uygun kesici aletler ile 1 cm genişlikte uygun uzunlukta olacak şekilde şeritler haline getirilmiş ve oda koşullarında saklanmıştır.

Çalışmada uygulanan geri dönüşüm yöntemleri için amonyum klorür (NH_4Cl), amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), formik asit (CH_2O_2) ve fosforik asit (H_3PO_4) temin edilmiştir. Geri dönüştürülmüş liflerden levha üretimi için %55 katı madde oranına sahip üre formaldehit tutkalı (üre formaldehit oranı 1:1,17, pH 8.4) ve sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılmıştır.

4.2. Metot

4.2.1. Lif Levhaların Geri Dönüşümü

Şekil 4.1'deki deneme desenine uygun olarak hazırlanan geri dönüştürülecek lif levhalardan belirli gramajlarda örnekler uygun ebatlara getirilerek hazırlanmıştır. Örneklerin bir kısmı önce kaynayan distile suda 5 dakika boyunca bekletilmiş daha sonra endüstriyel tip mikrodalga cihazında orta dalga frekansında 5 dakika boyunca tutulmuş, süre sonunda levhalardaki lifler şişerek bir birinden ayrılmıştır. İşlem sonrası elde edilen lifler oda koşullarında kurutulmuştur.

Diğer kısım levha örnekleri WKI yönteminde ufak bir değişiklik yapılarak uygulanmıştır. Yöntemde yer alan amonyum çözeltisi yerine amonyum sülfat, amonyum klorürün %25'lik çözeltileri kullanılmıştır. %25'lik amonyum tuzu çözeltilerine koyulan levhalar daha sonra 30 dakika boyunca otoklavda 121 °C işleme tabi tutulmuştur. Otoklav sonrası örnekler soğutulmuş çözeltilerin ayrılması için distile

su ile yıkanmış ve levha üretiminden önce bu liflerde oda koşullarında kurutularak saklanmıştır.

Levha Türü	İşlem Türü	Uygulanan Kimyasal
% 100 Kayın	Mikrodalga	-
	WKI	%25'lik Amonyum klorür (NH ₄ Cl)
		%25'lik Amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄)
	Asit uygulaması	%25'lik Fosforik asit (H ₃ PO ₄)
%25'lik Formik asit (CH ₂ O ₂)		
% 70 Kayın +%30 Çam	Mikrodalga	-
	WKI	%25'lik Amonyum klorür (NH ₄ Cl)
		%25'lik Amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄)
	Asit uygulaması	%25'lik Fosforik asit (H ₃ PO ₄)
%25'lik Formik asit (CH ₂ O ₂)		

Şekil 4. 1. Deneme Deseni

Asit ile levha geri dönüşümü için formik asit ve fosforik asit seçilmiştir. Bu iki asidin seçilmesinde formik asidin yüksek konsantrasyonlarda dahi selülozu aşındırmadan çözmesi (Hafızoğlu ve Deniz, 2011) ve fosforik asidinde literatürde üre formaldehit tutkalının hidrolizi için katalizör olarak kullanılması etkili olmuştur (Lall, Lohan, Makkar and Negi, 1982). Geri dönüştürülecek levha parçacıkları %25'lik asit çözeltisinde levha parçacıkları kendini bırakıncaya kadar bekletilmiş. Elde edilen lifler filtre kağıdı yardımıyla saf su ile yıkandıktan sonra oda koşullarında kurutulmaya bırakılmıştır. Bu işlemler Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Lif Boyutlarının Analizi

Levhalarından geri dönüştürülmüş liflerin boyut analizi Kastamonu O.S.B.'deki Kastamonu Entegre A.Ş. fabrikasında bulunan İmal marka lif analizi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen liflerden belirli gramajlarda cihaza koyulmuş cihaz optik olarak ölçüm yaptığı toplam life göre belirli frekans aralıklarındaki boyutlarda bulunan yüzde lif miktarını otomatik olarak hesaplamıştır.

4.2.3. Levha Üretimi

Kurutulan geri dönüştürülmüş odun lifleri deney levhalarının yoğunluğu yaklaşık $0,7\text{g/cm}^3$ olması sağlanacak şekilde hazırlanmıştır. Lif levha üretiminde elde edilen liflerin tutkallama işlemi, tutkallama mikseri kullanılarak yapılmıştır. Karıştırma işleminden sonra üretilen nihai levhanın boyutları $310 \times 360 \times 11$ mm olacak şekilde levha taslakları hazırlanmıştır. Lignoselülozik madde-tutkal karışımı homojen olarak dağılacak şekilde levha taslakları oluşturulduktan sonra ön presleme işlemine tabi tutulmuştur. Levha üretimi Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Laboratuvarı'nda bulunan Fotoğraf 4.1'deki Cemil Usta marka hidrolik pres kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Fotoğraf 4. 1. Cemil Usta Marka Hidrolik Pres

4.2.4. Levha Testlerinin Yapılması

Fosforik asit kullanılarak %70 kayın +%30 çam karışımına sahip levhadan geri dönüştürülen liflerden ve formik asit kullanılarak geri dönüştürülen liflerden düzgün bir levha oluşturulamamıştır. Levhalar pres sırasında kömürleşerek levha bütünlüğünde bozukluklar meydana gelmiştir. Formik asit dışındaki liflerden elde edilen geri dönüşüm levhalarının ilgili Türk standartlarına göre yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlığına şişme ve su alma miktarı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü gibi bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

4.2.4.1. Yoğunluk tayini

Yaklaşık boyutları 50 mm x 50 mm x levha kalınlığı (mm) olan örnekler klimatize edildikten sonra ağırlığı, kalınlığı ve iki kenar genişliği ölçülerek TS EN 325 (1999)'e göre yoğunluğu Eşitlik 4.1'e göre hesaplanmıştır.

$$d = \frac{m}{a_1 a_2 x h} \times 1000 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (4.1)$$

Burada;

d= Yoğunluk (g/cm³),

m= Numunenin ağırlığı (g),

a₁, a₂, h = Numunenin boyutları (mm)'dir.

4.2.4.2. Rutubet tayini

TS EN 322 (1999)'ye göre rutubet tayini testleri yapılmıştır rutubet miktarlarını belirlemek için 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında örneklerin ağırlıkları ±0,01 g duyarlıklı hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra bu örnekler kurutma dolabında 103±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra alınmış ve yeniden tartım yapılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Levhaların rutubet değerleri Eşitlik 4.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R = \frac{mr - m0}{m0} \times 100 \text{ (\%)} \quad (4.2)$$

Burada;

R= Rutubet miktarı (%),

mr= Klimatize ağırlık (g),

m0 = Tam kuru numunenin ağırlığı (g)'dir.

4.2.4.3. Kalınlığına şişme miktarı

TS EN 317 (1999)'ye göre örnekler kalınlıkları tam orta noktasından 0,01 mm duyarlıkta ölçülmüş ve su yüzeyinden aşağıda tutulmak suretiyle, 20±2 °C sıcaklıkta saf suda bekletilmişlerdir. 24 saat sürenin sonunda sudan çıkartılan örneklerin fazla

suları bir bez yardımıyla alınmış ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlığına şişme (KŞ), Eşitlik 4.3 yardımıyla belirlenmiştir.

$$KŞ = \frac{h_{son} - h_{ilk}}{h_{ilk}} \times 100 (\%) \quad (4.3)$$

Burada;

KŞ = Kalınlığına şişme miktarı (%),

h_{son} = Sudan çıkarılan numunenin kalınlığı (mm),

h_{ilk} = Numunenin ilk kalınlığı (mm)'dir.

4.2.4.4. Su alma miktarı

50 mm x 50 mm boyutlarındaki levha örnekleri ağırlıkları tartıldıktan sonra, $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 'deki su banyosunda 24 saat süreyle bekletilmişlerdir. Süre sonunda banyodan çıkarılan örneklerin ağırlıkları tartıldıktan sonra Eşitlik 4.4'e göre su alma değerleri hesaplanmıştır.

$$SA = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 (\%) \quad (4.4)$$

Burada;

SA= Su alma değeri (%),

m_0 = Numunenin ilk ağırlığı (mm),

m_r = Numunenin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (mm)'dir.

4.2.4.5. Eğilme direnci

Eğilme direnci deneyleri TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak klimatize edilen levha örnekleri 5 cm genişliğinde kesilmiştir. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Fiziksel ve Mekanik Ağaç Malzeme Teknolojisi Laboratuvarında bulunan Shimadzu Marka UTM cihazında destek noktaları arasındaki uzaklık levha kalınlıklarına uygun şekilde ayarlanmış ve parçaların tam orta noktasından yatay yükleme yapılmıştır. Numunelerin eğilme direnci değerleri Eşitlik 4.5'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{MOR} = \frac{3 \times F_{\max} \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.5)$$

Burada;

MOR= Eğilme direnci (N/mm²),

F_{max}= Kırılma anındaki kuvvet (N),

L= Dayanaklar arası açıklık (mm),

b= Numunenin genişliği (mm),

h= Numunenin kalınlığı (mm)'dir.

4.2.4.6. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak yapılan eğilme direnci verilerinden Eşitlik 4.6'ya göre hesaplanmıştır.

$$\text{MOE} = \frac{\Delta F \times L^3}{4 \times b \times h^3 \times \Delta f} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.6)$$

Burada;

MOE= Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²),

ΔF = Elastik deformasyon bölgesinde meydana gelen kuvvet farkı (N),

L= Dayanak noktaları arası açıklık (mm),

Δf = Elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarı farkı (mm),

b= Numune genişliği (mm),

h= Numune kalınlığı (mm)'dir.

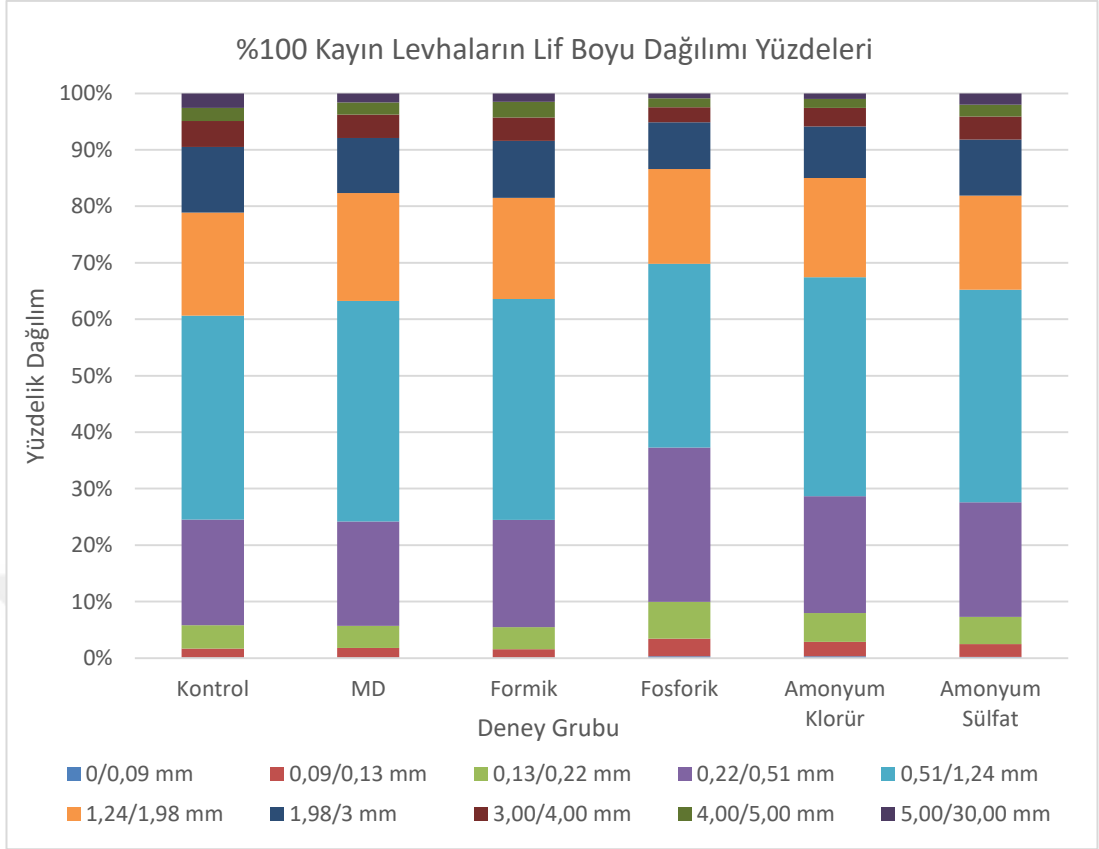
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Lif Boyutlarına Ait Bulgular

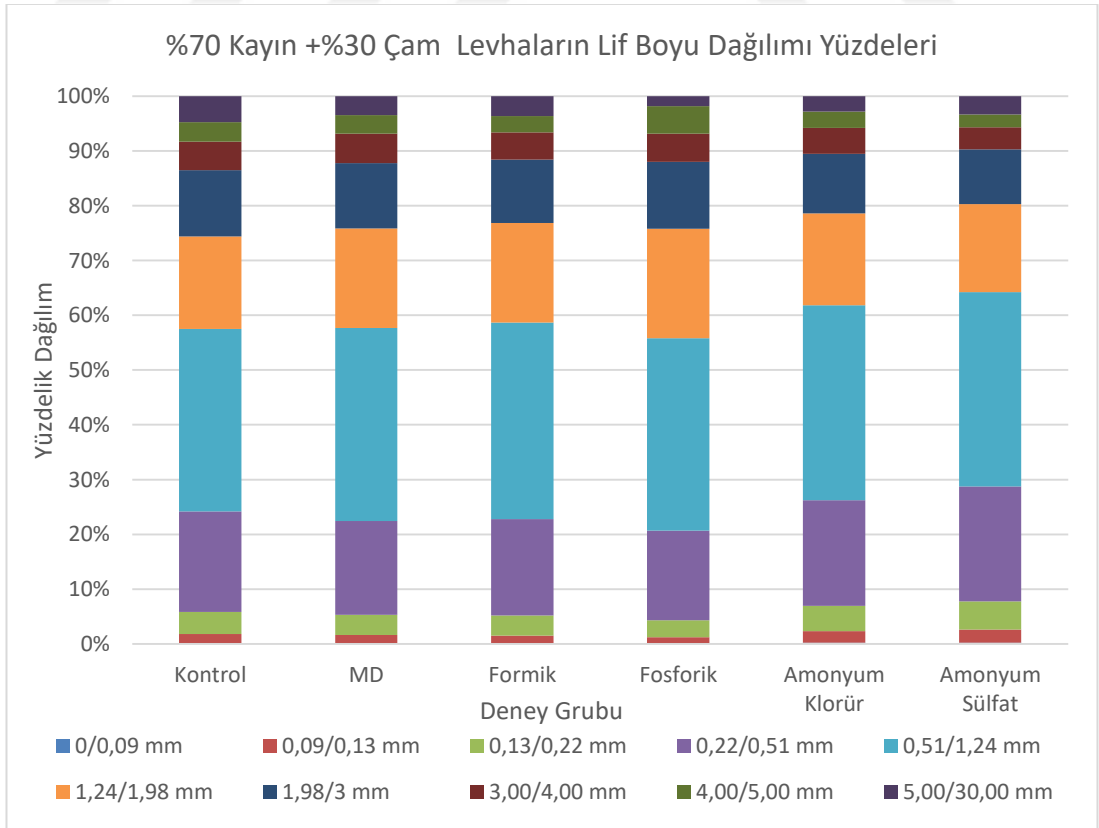
Geri dönüşümden elde edilen liflerin lif boyu analizi sonuçları Tablo 5.1’de verilmiştir. Geri dönüşüm işlemlerinin lif boylarına olan etkisinin daha iyi gözlemlenmesi için değerlerden elde edilen grafikler Grafik 5.1 ve Grafik 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5. 1. *Lif Boylarının Yüzesel Dağılımı Analizi Sonuçları*

Levha türü	Geri dönüşüm işlemi	Lif uzunlukları frekans aralıkları (mm)										Ölçülen lif miktarı
		0/ 0,09/ 0,09	0,09/ 0,13	0,13/ 0,22	0,22/ 0,51	0,51/ 1,24	1,24/ 1,98	1,98/ 3,0	3,0/ 4,0	4,0/ 5,0	5,0/ 30,0	
%100 kayın	Kontrol	0,1	1,6	4,1	18,7	36,1	18,2	11,6	4,6	2,3	2,6	139058
	Mikrodalga	0,1	1,7	3,9	18,5	39,1	19,1	9,8	4,1	2,2	1,6	335056
	Formik asit	0,1	1,5	3,9	19	39,1	17,9	10,1	4,1	2,8	1,5	336228
	Fosforik asit	0,3	2,8	5,9	24,6	29,3	15,1	7,5	2,4	1,4	0,8	305972
	Amonyum Klorür	0,3	2,6	5,1	20,7	38,8	17,6	9,1	3,3	1,6	1	396388
	Amonyum Sülfat	0,2	2,3	4,8	20,3	37,7	16,7	9,9	4,1	2,1	2	367983
%70 kayın / %30 çam	Kontrol	0,1	1,7	4	18,4	33,4	16,9	12,1	5,2	3,6	4,7	137.472
	Mikrodalga	0,1	1,5	3,7	17,1	35,3	18,2	11,9	5,4	3,4	3,4	300.061
	Formik asit	0,1	1,4	3,7	17,6	36	18,2	11,6	5	3	3,6	372.036
	Fosforik asit	0,1	1,1	3,1	16,4	35,2	20	12,2	5,2	5	1,8	53.639
	Amonyum Klorür	0,2	2,1	4,7	19,4	35,9	16,9	10,9	4,8	3	2,8	254.811
	Amonyum Sülfat	0,2	2,4	5,1	20,8	35,2	16	9,9	4	2,3	3,3	332.847



Grafik 5. 1. %100 Kayın Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Boy Dağılımı



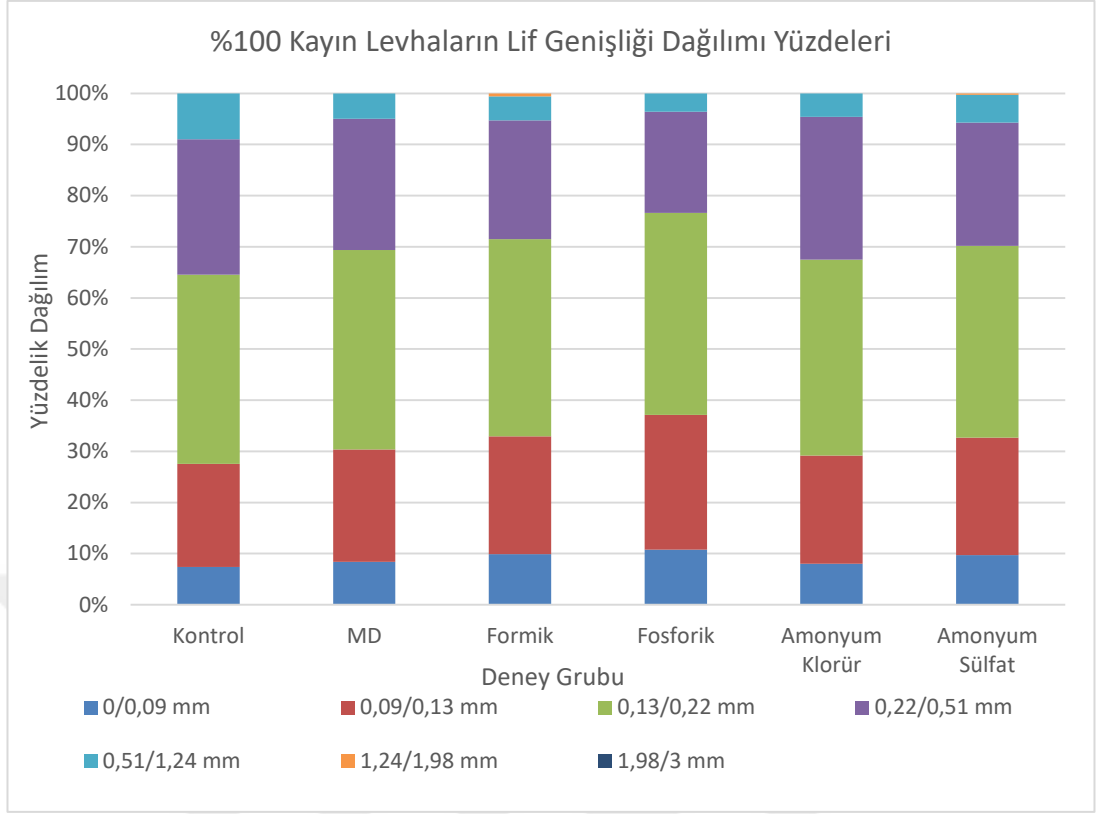
Grafik 5. 2. %70 Kayın +%30 Çam Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Boy Dağılımı

Geri dönüşümden elde edilen liflerin lif genişliği analizi sonuçları Tablo 5.2’de verilmiştir. Geri dönüşüm işlemlerinin lif genişliklerine olan etkisinin daha iyi gözlemlenmesi için değerlerden elde edilen grafikler Grafik 5.3 ve Grafik 5.4’te gösterilmiştir.

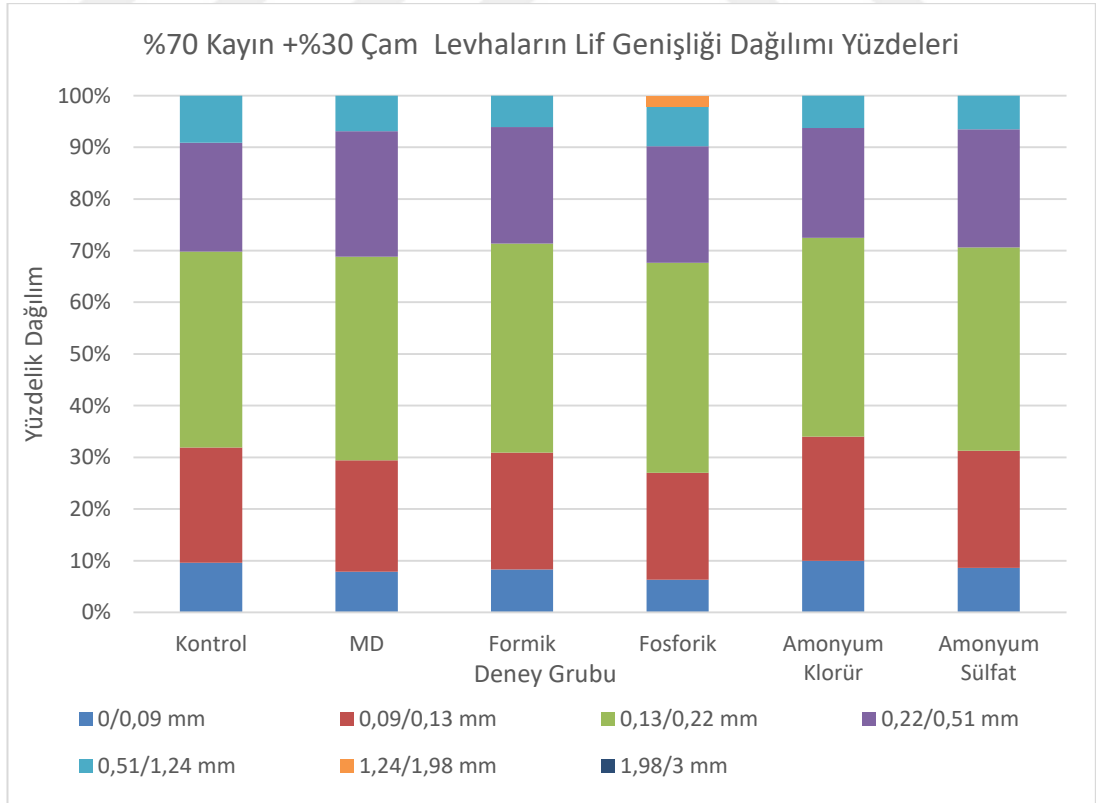
Tablo 5. 2. *Lif Genişliklerinin Yüzdesel Dağılımı Analizi Sonuçları*

Levha türü	Geri dönüşüm işlemi	Lif genişlikleri frekans aralıkları (mm)							Ölçülen lif miktarı
		0/ 0,09	0,09/ 0,13	0,13/ 0,22	0,22/ 0,51	0,51/ 1,24	1,24/ 1,98	1,98/ 3,0	
% 100 kayın	Kontrol	7,4	20,2	37	26,5	9	0	0	139058
	Mikrodalga	8,4	22	39	25,7	5	0	0	335056
	Formik asit	9,9	23	38,6	23,2	4,7	0,6	0	336228
	Fosforik asit	10,8	26,3	39,5	19,8	3,6	0	0	305972
	Amonyum Klorür	8	21,2	38,3	27,9	4,6	0	0	396388
	Amonyum Sülfat	9,7	23	37,5	24,1	5,4	0,3	0	367983
	Kontrol	9,6	22,3	37,9	21,1	9,1	0	0	137472
	Mikrodalga	7,9	21,5	39,4	24,3	6,9	0	0	300061
	Formik asit	8,3	22,7	40,5	22,6	6,1	0	0	372036
	Fosforik asit	6,3	20,7	40,6	22,5	7,7	2,1	0	53639
% 70 kayın / % 30 çam	Amonyum Klorür	10	24	38,5	21,2	6,3	0	0	254811
	Amonyum Sülfat	8,6	22,7	39,3	22,9	6,5	0	0	332847

Genel olarak literatürle uyumlu olarak geri dönüşüm işlemleri sırasında lif genişliklerinde özellikle 1,24 mm ve daha geniş liflerin oranında azalma, 1,24 mm den aşağıdaki lif genişlik yüzdelerinde ise artma görülmüştür (Şahin, 2014).



Grafik 5. 3. %100 Kayın Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Genişlik Dağılımı



Grafik 5. 4. %70 Kayın +%30 Çam Levhalarından Geri Dönüştürülmüş Liflerin Genişlik Dağılımı

Gerek tablolardaki veriler gerekse grafiklerde asit ile geri dönüşümlerde lif boyutlarının küçük olduğu frekanslarda artış olduğu diğer gruplarda ise belirli bir azalma olduğu görülmektedir. Bu durumun fiziksel ve mekanik özellikler üzerine olumsuz etkisi olmuştur. Lif uzunluklarına paralel olarak lif genişliklerinde literatürde de belirtildiği şekilde, 0,22 mm'den uzun liflerin genişliklerindeki artış yüzdesinde azalma 0,22 mm'den kısa liflerin genişliklerindeki artış yüzdesinde ise artma tespit edilmiştir (Şahin, 2014).

5.2. Levha Yoğunluğu

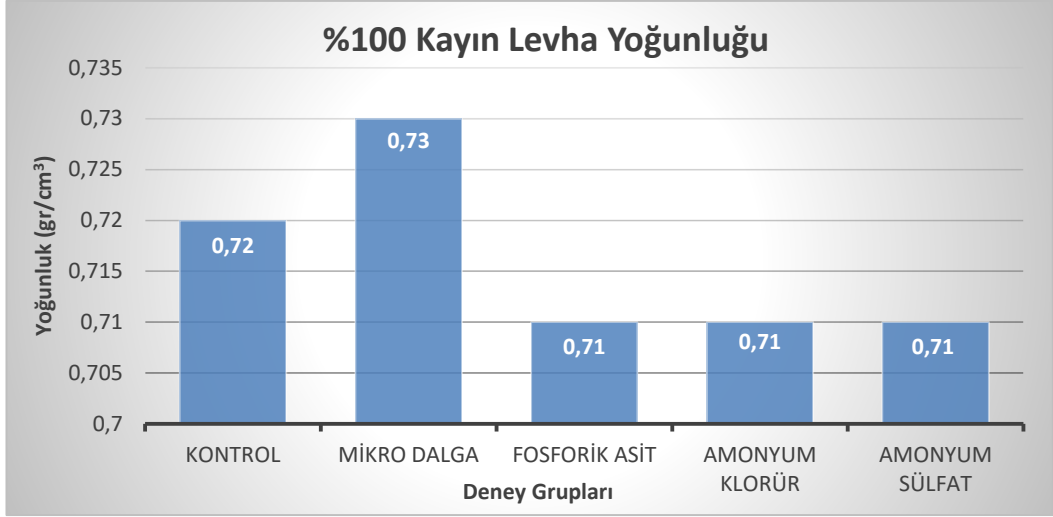
Tablo 5.3'te üretilen levhaların yoğunlukları verilmiştir. Tablodaki verilere göre oluşturulan levhalar ile geri dönüşüme uğramamış halleri ile yoğunluk açısından karşılaştırılabilir değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 3. *Elde Edilen Levhaların Yoğunlukları*

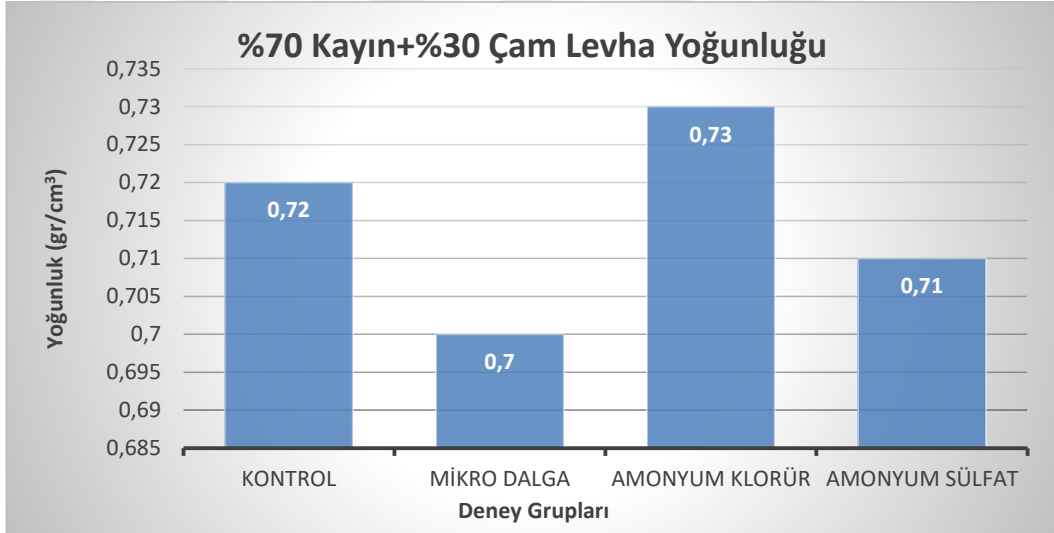
Lif Kaynağı	Geri dönüşüm işlemi	Yoğunluk (gr/cm ³)
%100 kayın	Kontrol	0,72
	Mikrodalga	0,73
	Formik asit	-*
	Fosforik asit	0,71
	Amonyum Klorür	0,71
	Amonyum Sülfat	0,71
%70 kayın+%30 çam	Kontrol	0,72
	Mikrodalga	0,70
	Formik asit	-
	Fosforik asit	-
	Amonyum Klorür	0,73
	Amonyum Sülfat	0,71

*levha üretimi gerçekleştirilememiştir.

Elde edilen levhaların yoğunlukları Grafik 5.5 ve Grafik 5.6'da verilmiştir.



Grafik 5. 5. % 100 Kayın Levhaların Uygulanan İşleme Göre Yoğunluk Dağılım Grafiği



Grafik 5. 6. %70 Kayın +%30 Çam Levhaların Uygulanan İşleme Göre Yoğunluk Dağılım Grafiği

5.3. Su Alma Miktarı

Aşağıda verilen Tablo 5.4'te farklı geri dönüşüm işlemleri sonrası elde edilen levha ürünlerinin 24 saat suda bekletme sonrası yüzde su absorpsiyon miktarları verilmiştir. Geri dönüşüm liflerin bünyelerine su alma isteklerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, kontrol numunelerinin fabrika üretimi numunelerden temin edilmesi ve fabrikanın levha üretimi esnasında levhaların su alma isteğini azaltacak bazı katkı maddelerinin üretim sırasında kullanmış olması, lif boylarında meydana gelen azalma ile lifler üzerinde bulunan üre formaldehitin geri

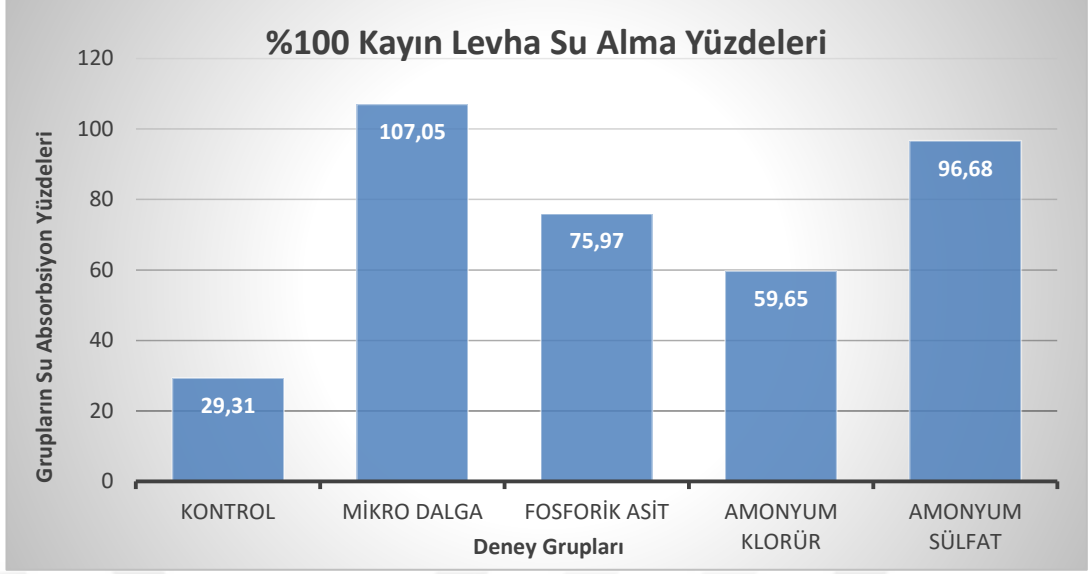
dönüşüm esnasında bozulmaması sonucu tutkallama sırasında lif-üre formaldehit-lif bağlarını engellemesi gösterilebilir. Bunun yanında geri dönüştürülmüş levhaların üretimi sırasında tutkalın liflerle homojen şekilde karıştırılmaması ve tutkal lif karışımlarının taslaklarının homojen şekillerde oluşturulamamış olması da farklı bir etken olarak gösterilebilir. Asit uygulanmış ve tek levha elde edilebilen grup olan fosforik asitle geri dönüştürülmüş %100 kayın liflerinin su alma miktarı kontrole oldukça yakın değerler olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi lif boylarında gelen azalma ile birlikte uzaklaştırılmayan asitlerin lifleri kurutma esnasında hidrolize uğratarak liflerdeki mevcut hidroksil bağlarını azaltması düşünülmektedir. Bu sonuçlara paralel olarak literatürde geri dönüştürülmüş kağıt lifi miktarı artıka su alma miktarlarında genel olarak artış görülmüştür (Olgun et al., 2014).

Tablo 5. 4. 24saatte Su Alma Yüzdeleri

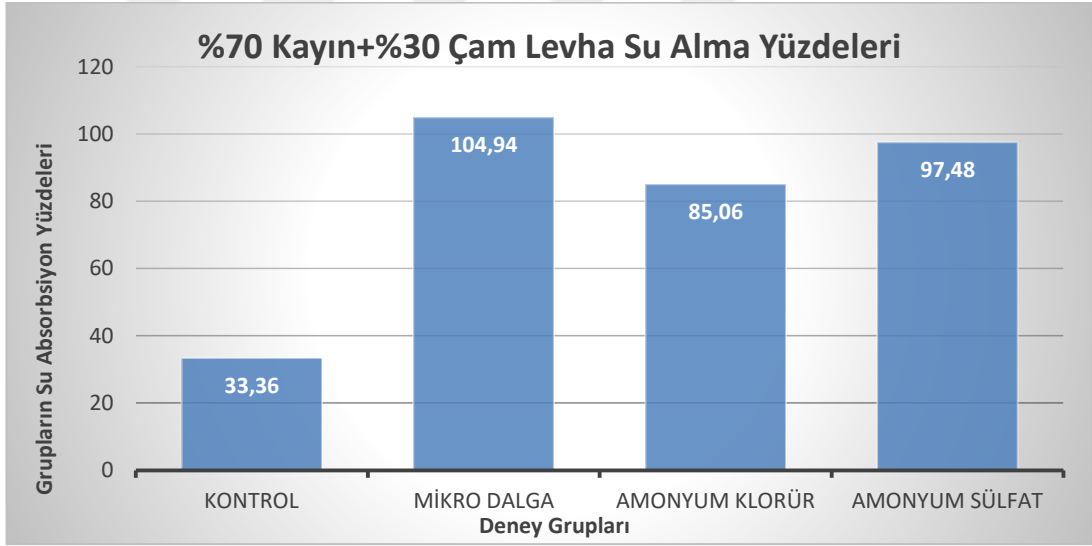
Lif Kaynağı	Geri dönüşüm işlemi	24 saat (%)
%100 kayın	Kontrol	29,31
	Mikrodalga	107,05
	Formik asit	-*
	Fosforik asit	75,97
	Amonyum Klorür	59,65
	Amonyum Sülfat	96,68
%70 kayın +%30 çam	Kontrol	33,36
	Mikrodalga	104,94
	Formik asit	-
	Fosforik asit	-
	Amonyum Klorür	85,06
	Amonyum Sülfat	97,48

*levha üretimi gerçekleştirilememiştir.

Üretilen levhaların su alma yüzdeleri Grafik 5.7 ve Grafik 5.8’de verilmiştir.



Grafik 5. 7. % 100 Kayın Levhaların Uygulanan İşleme Göre Su Alma Yüzdeleri Grafiği



Grafik 5. 8. %70 Kayın +%30 Çam Levhaların Uygulanan İşleme Göre Su Alma Yüzdeleri Grafiği

Grafik 5.7 ve Grafik 5.8'de görüleceği üzere kontrol grubu numunelerin su alma yüzdeleri diğer gruplara kıyasla oldukça düşük olarak tespit edilmiştir. MDF üretiminde %33 ve altı oranında atık MDF lifi kullanmanın levhaların su absorpsiyon özelliğinde ve kalınlığına şişme özelliğinde azalmaya neden olduğu ancak, %33 ten fazla atık MDF lifi kullanımının bu özelliklerde artışa neden olduğu gözlemlenmiştir (Roffael et al., 2016). Kontrol grubunun su alma yüzdesinin diğer gruplardan düşük çıkması bu sonuç ile açıklanmaktadır.

5.4. Kalınlığına Şişme Miktarı

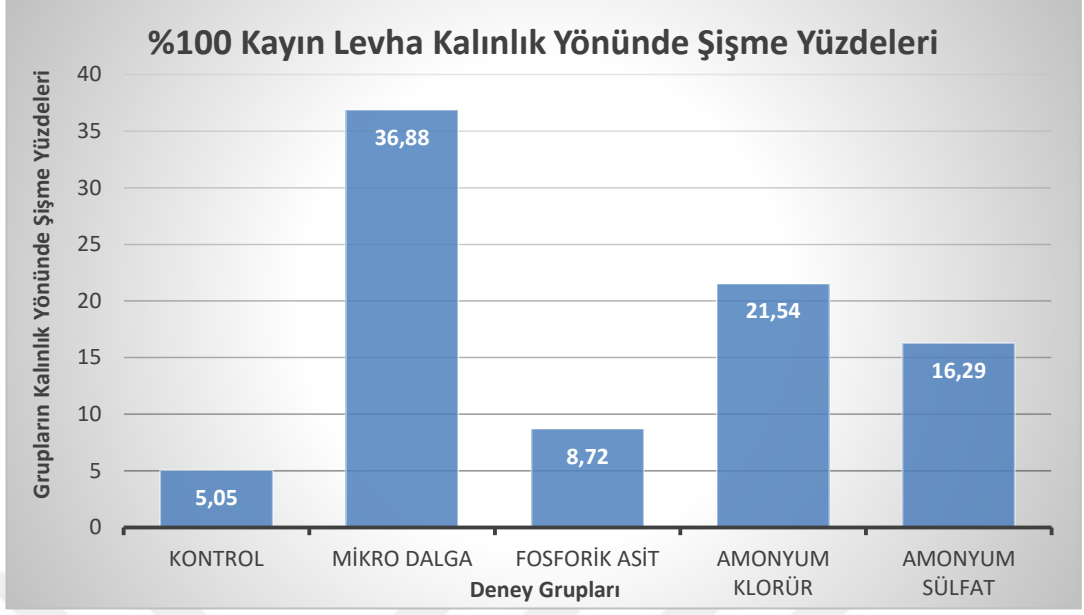
Tablo 5.5’te farklı geri dönüşüm işlemleri sonrası elde edilen levha ürünlerinin 24 saat suda bekletme sonrası kalınlıklarında meydana gelen yüzdece şişme miktarları verilmiştir. Kalınlığına şişme yüzdelerindeki değişimler su alma yüzdelerindeki değişimler ile paralellik göstermekle beraber fosforik asit uygulaması ile %100 kayın MDF’lerden elde edilen geri dönüşüm lifler kullanılarak üretilmiş numunelerin oldukça iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Asit uygulaması yapılan gruplarda geri dönüştürülmüş liflere her ne kadar ekstradan su ile yıkama yapıldıysa da kurutma sırasında kalıntı asitlerle lifler arasında meydana gelen hidrolizin devam ettiği düşünülmekte ve hidroliz işleminin etkisi ile şeker gruplarına dönüşen liflerin ısı etkisi ile karamelleşerek levha bütünlüğünü bozduğu düşünülmektedir. Kalıntı asidin liflere zarar vermesi, liflere zayıf alkali ile ikinci bir işlem uygulanması yapılarak engellenebilir. Kalınlığına şişmede gözlemlenen düşüşün hidrosil gruplarında asidik hidrolizin devam ettiğinin göstergesidir. Bu sonuçlara paralel olarak literatürde geri dönüştürülmüş kağıt lifi miktarı arttıkça kalınlığına şişme miktarlarında genel olarak artış görülmüştür (Olgun et al., 2014).

Tablo 5. 5. 24 Saatte Kalınlığına Şişme Yüzdeleri

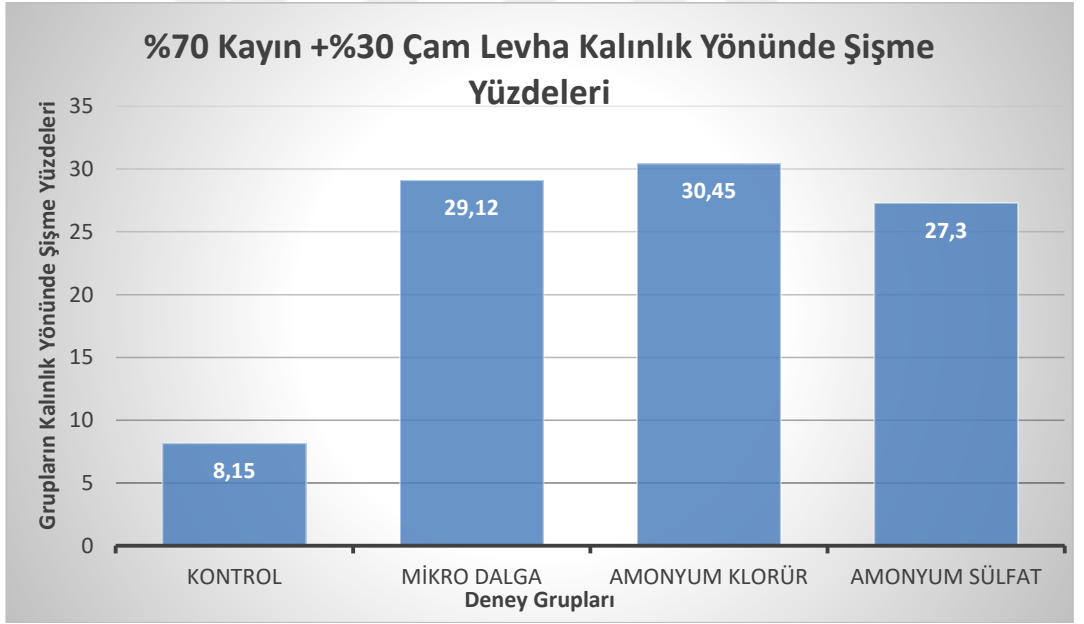
Lif Kaynağı	Geri dönüşüm işlemi	24 saat (%)
%100 kayın	Kontrol	5,05
	Mikrodalga	36,88
	Formik asit	-*
	Fosforik asit	8,72
	Amonyum Klorür	21,54
	Amonyum Sülfat	16,29
%70 kayın +%30 çam	Kontrol	8,15
	Mikrodalga	29,12
	Formik asit	-
	Fosforik asit	-
	Amonyum Klorür	30,45
Amonyum Sülfat	27,30	

*levha üretimi gerçekleştirilememiştir.

Grafik 5.9 ve Grafik 5.10’da 24 saat suda bekletme sonrası levhalarda meydana gelen kalınlığına şişme yüzdeleri verilmiştir.



Grafik 5. 9. %100 Kayın Levhaların 24 Saat Suda Bekletme Sonrası Meydana Gelen Kalınlığına Şişme Yüzdeleri



Grafik 5. 10. %70 Kayın +%30 Çam Levhaların 24 Saat Suda Bekletme Sonrası Meydana Gelen Kalınlığına Şişme Yüzdeleri

Grafik 5.9 ve Grafik 5.10'da görüleceği üzere kontrol grubu numunelerin kalınlığına şişme yüzdeleri diğer gruplara kıyasla oldukça düşük olarak tespit edilmiştir. MDF üretiminde %33 ve altı oranında atık MDF lifi kullanmanın levhaların su absorpsiyon özelliğinde ve kalınlığına şişme özelliğinde azalmaya neden olduğu ancak, %33 ten fazla atık MDF lifi kullanımının bu özelliklerde artışa neden olduğu gözlemlenmiştir

(Roffael et al., 2016). Kontrol grubunun kalınlığına şişme yüzdesinin diğer gruplardan düşük çıkması bu sonuç ile açıklanmaktadır.

5.5. Eğilme Direnci

Tablo 5.6’da farklı geri dönüşüm işlemleri sonrası elde edilen levha ürünlerinin eğilme direnci testlerinin sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 6. *Levhalara Ait Eğilme Direnci Değerleri*

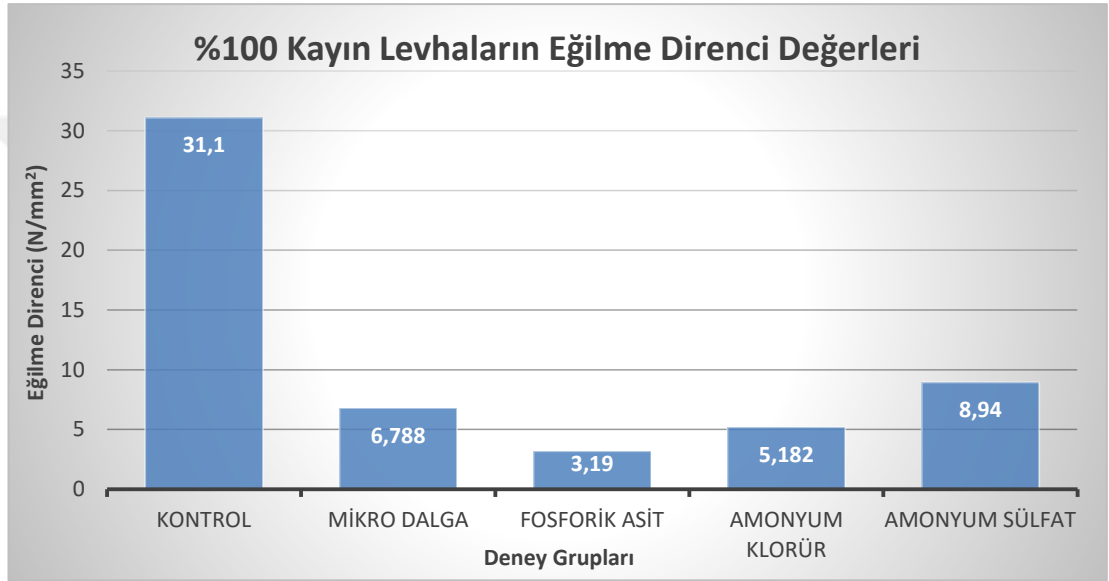
Lif Kaynağı	Geri dönüşüm işlemi	Eğilme direnci			
		Ortalama	Std. sapma	Maks.	Min.
%100 kayın	Kontrol	31,10	1,25	32,41	29,42
	Mikrodalga	6,788	1,79	9,09	3,67
	Formik asit	-*			
	Fosforik asit	3,19	0,89	4,36	1,79
	Amonyum Klorür	5,182	1,04	6,13	3,21
	Amonyum Sülfat	8,94	2,21	10,71	4,60
%70 kayın +%30 çam	Kontrol	32,39	1,76	34,90	30,87
	Mikrodalga	6,36	1,59	8,61	3,67
	Formik asit	-			
	Fosforik asit	-			
	Amonyum Klorür	2,95	0,64	3,71	1,85
	Amonyum Sülfat	5,80	1,12	7,25	3,97

*levha üretimi gerçekleştirilememiştir.

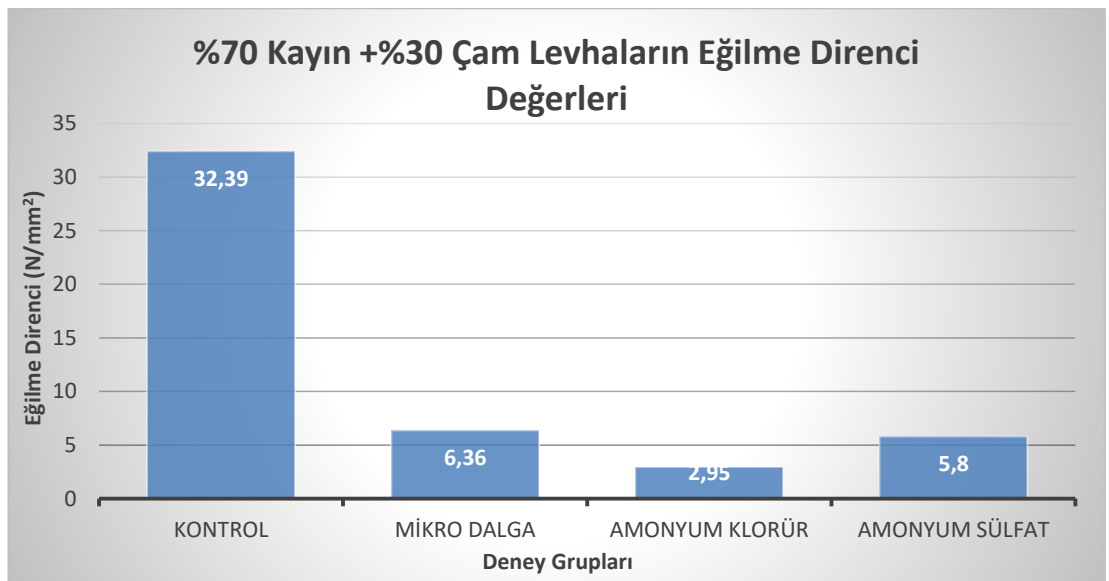
Eğilme direnci verileri kontrollere göre oldukça düşük bulunmuştur. Bunun sebebi olarak lif uzunluklarındaki azalma ve geri dönüşmüş liflerin üzerinde bulunan katılaşmış üre formaldehitte birlikte yeniden levha üretiminde lif-lif bağı ve lif-tutkal-lif bağlarının sağlıklı şekilde oluşmadığı gösterilebilir. Bu sonuçlara paralel olarak literatürde odun lifi-kağıt lifi karışımı olacak şekilde üretilen levhalarda geri dönüştürülmüş kağıt lifi miktarı arttıkça eğilme direnci miktarlarında genel olarak düşüş görülmüştür. %100 odun lifi kullanılarak üretilen levhanın eğilme direnci değeri 10,786 N/mm² olarak ölçülmüş, %75 odun lifi-%25 kağıt lifi kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci 9,321 N/mm², %50-50 lif kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci 4,537 N/mm² %25 odun lifi %75 kağıt lifi kullanılarak üretilen

levhaların eğilme direnci $3,545 \text{ N/mm}^2$, %100 kağıt lifi kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci ise $0,65 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. %100 kağıt lifi kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci değeri % 100 odun lifi kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci değerinden %94 oranında daha düşük olarak tespit edilmiştir. (Olgun et al., 2014). Benzer şekilde atık MDF miktarı artıkça odun plastik kompozitlerinin de direnç değerleri düşmüştür (Özmen, Çetin, Narlıoğlu, Çavuş and Altuntaş, 2014).

Grafik 5.11 ve Grafik 5.12’de eğilme direnci değerleri verilmiştir.



Grafik 5. 11. %100 Kayın Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Grafiği



Grafik 5. 12. %70 Kayın +%30 Çam Levhaların Eğilme Direnci Değerleri Grafiği

Grafik 5.11 ve Grafik 5.12’de görüleceği üzere kontrol grubu numunelerin eğilme direnci değerleri diğer gruplara kıyasla oldukça yüksek olarak tespit edilmiştir. %75 kabuksuz çam odununa %25 oranında atık MDF katılarak üretilen numunelerde orta tabaka yapışma kalitesi kontrol grubunda 1,02 N/mm² olarak tespit edilmişken %25 oranında atık MDF katılarak üretilen levhalarda 0,60 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde de benzer azalmaların olduğu gözlemlenmiştir (Mantanis et al., 2004). Üretimde %25 geri dönüşüm lif kullanımının etkisinin bu kadar fazla olması düşünülecek olursa %100 geri dönüşüm lif kullanılarak üretilen deney grubu levhaların eğilme dirençlerinin düşük çıkması normal kabul edilebilir.

5.6. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Tablo 5.7’de eğilmede elastikiyet modülü değerleri verilmiştir.

Tablo 5. 7. *Levhalara Ait Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri*

Lif Kaynağı	Geri dönüşüm işlemi	Eğilmede Elastikiyet Modülü			
		Ortalama	Std. sapma	Maks.	Min.
%100 kayın	Kontrol	3315,59	52,94	3391,17	3267,57
	Mikrodalga	1998,95	407,60	2666,601	1400,08
	Formik asit	-*			
	Fosforik asit	2116,439	802,34	3269,23	1040,71
	Amonyum Klorür	3274,539	727,87	3441,13	1743,453
	Amonyum Sülfat	5087,742	1425,99	7695,52	3587,82
%70 kayın +%30 çam	Kontrol	3260,64	87,31	3358,39	3150,35
	Mikrodalga	2536,91	672,25	3441,13	1743,21
	Formik asit	-			
	Fosforik asit	-			
	Amonyum Klorür	828,57	347,120	1512,84	560,37
	Amonyum Sülfat	1452,48	344,26	2009,76	1026,33

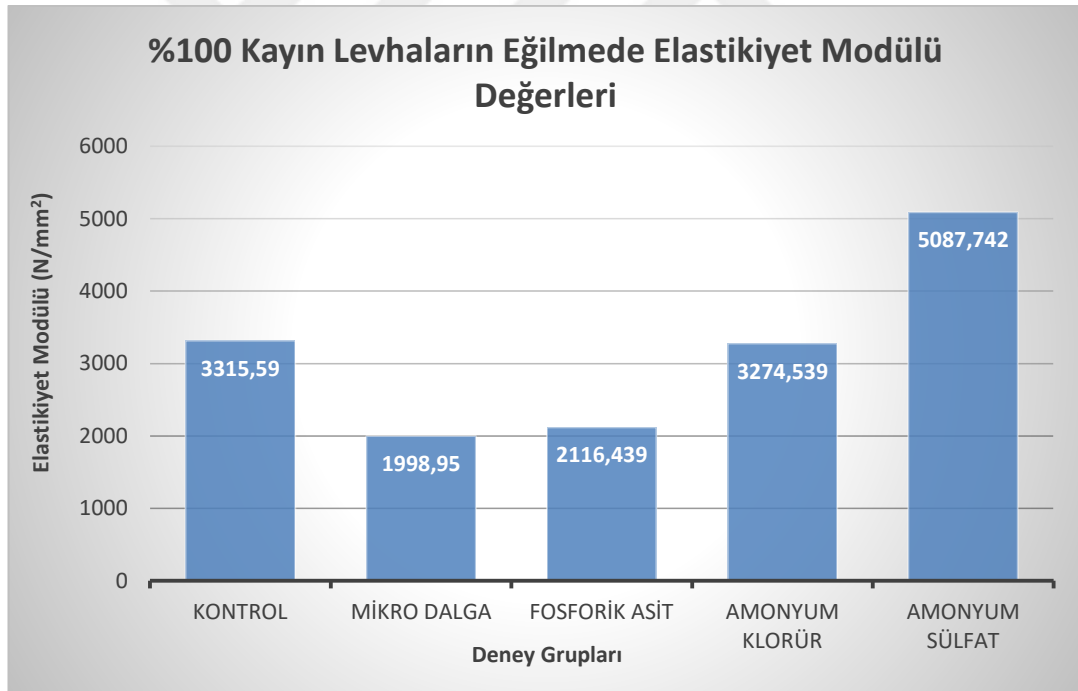
*levha üretimi gerçekleştirilememiştir.

Eğilmede elastikiyet modülündeki değişimler incelendiğinde özellikle amonyum çözeltileri uygulanan %100 kayın liflerinden elde edilen grupların daha elastik levhalar verdiği görülmektedir. Fakat bu levhalardaki standart sapmanın çok olması

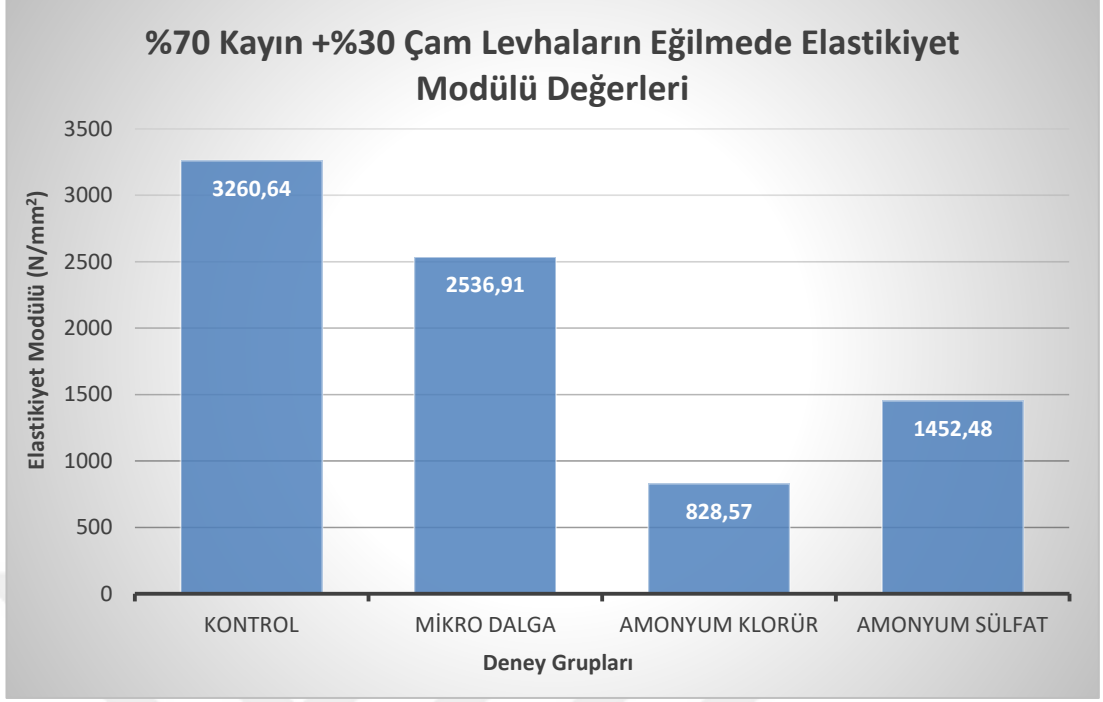
levha üretimi sırasında homojen bir levha taslağının oluşturulmadığını göstermektedir. Asit uygulanmış grupta eğilme direncinin düşüşü ve elastikiyet modülündeki azalma geri dönüştürülmüş liflerde liflerin hem işlem sırasında hem de kurutulması esnasında zarar gördüğünün kanıtı niteliğindedir. Mikrodalga yöntemi ile elde edilen liflerin elastikiyet modülünün düşük olması bu işlemin lifleri daha rijit bir hal aldığına göstergesidir. Mikrodalga yapısı gereği liflerdeki hidroksil gruplarını etkilemekte ve liflerin keçeleşme özelliklerini değiştirmektedir.

Bu sonuçlara paralel olarak literatürde geri dönüştürülmüş kağıt lifi miktarı arttıkça eğilmede elastikiyet modülü miktarlarında genel olarak düşüş görülmüştür (Olgun et al., 2014). Benzer şekilde atık MDF miktarı arttıkça odun plastik kompozitlerinin de direnç değerleri düşmüştür (Özmen et al., 2014).

Grafik 5.13 ve Grafik 5.14'te eğilmede elastikiyet modülü değerleri verilmiştir.



Grafik 5. 13. %100 Kayın Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri



Grafik 5. 14. %70 Kayın +%30 Çam Levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü Değerleri

Eğilmede elastikiyet modülündeki değişimler incelendiğinde özellikle amonyum çözeltileri uygulanan %100 kayın liflerinden elde edilen grupların daha elastik levhalar verdiği görölmektedir.

6. SONUÇLAR

Geri dönüşüm işleminin lifler boyutları üzerine mutlak bir etkisinin olduğu gözlemlenmiş, bu değişimlerden levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin direkt olarak etkilendiği tespit edilmiştir.

Asit uygulanan yöntem liflere zarar vermektedir. Her ne kadar lifler fiziksel olarak lif görünümünde olsalar da liflendirme esnasında eklenen ve liflerin yıkanması esnasında iyi uzaklaştırılmayan asit liflerin parçalanmasına sebep olmakta ve levha üretiminde güçlükler meydana getirmektedir. Üretilen levhalarda levha bütünlüğü sağlanması sonucu levhanın fiziksel özelliklerinde iyileşmeler gözlemlenirken mekanik özelliklerinde ise azalmalar gözlemlenmiştir.

Amonyum klorür ve amonyum sülfat tuzları hem levha sektöründe sertleştirici olarak kullanılmaları hem ucuz olmaları hem de pratik olarak uygulanabilirliği, fiziksel ve mekanik özelliklerinin çok kötü olmaması gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu tuzların katı halde sağlanabilirliği direkt amonyak çözeltisine oranla daha ön plana çıkmaktadır. Ayrıca bu çözeltilerin zayıf asidik yapıda olmaları liflerin geri dönüşümü esnasında meydana gelecek olumsuzlukların önüne geçmede katkıda bulunmaktadır.

Mikrodalga yönteminden elde edilen liflerin kalite yönünden üstün olmaları, bu liflerden elde edilen levhaların test edilen özellikler bakımından oldukça iyi olması ve yöntemin pratik olmasına karşın endüstriyel açıdan uygulanabilirliğinin çok az olması, yöntemin uygulanabilirliğinin önündeki en büyük engellerden birini oluşturmaktadır.

Çalışma sonucunda, atık levhalarda geri dönüşüm uygulamaları ile elde edilen liflerin levha sektöründe tekrar kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

7. ÖNERİLER

Geri dönüşümden elde edilen liflerin direk levha üretiminde kullanılabilirliğinin artırılması amaçlı uygulanan yöntemlerde değişikliğe gidilmesi düşünülebilir. Örnek olarak asit uygulaması yapılan lifler sadece saf su ile yıkanmış olmasından dolayı liflerde kalan kalıntı asit kurutulma sırasında liflere zarar vermeye devam etmiştir. Bu yüzden ilgili gruplarda levha bütünlüğü bozulmuş ve düzgün levha elde edilememiştir. Bu yöntemle geri dönüşüm işleminde liflerin yıkanması esnasında ekstradan bir alkali muamelesi ile kalıntı asitlerin lifler üzerine olan etkisinin önüne geçilebilir.

Farklı amonyum tuzları ile geri dönüşüm aşamaları farklı yüzdelerdeki çözeltilerle ve sıcaklık ve süre gibi işlem parametrelerinin modifikasyonları ile daha iyileştirilebilir.

Bu tezde geri dönüşümden elde edilen liflerden direk olarak levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Ham haldeki liflerle geri dönüştürülmüş liflerin belirli oranlarda karıştırılarak levha üretimi ve bu levhaların özelliklerinin belirlenmesi önerilebilir.

Bu geri dönüşüm yöntemleri ile elde edilen liflerin biyo etanol üretimi gibi daha değerli sektörlerde kullanılabilirliği araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, H., 2014. MDF Tozu ve Pirinç Sapı Atıklarının Termoplastik Kompozitlerin Üretiminde Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.*
- Ahmadi, M., Moezzi-pour, B., & Sharari, M. 2017. The Effect of Recycling Process on the Chemical Properties and Wettability of Obtained Fibers from MDF Wastes. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 32(4).
- Akbulut, T. 2001. Lif Levha Endüstrisi Ders Notu, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Akgül, M., Çamlıbel, O., Gedik, T. 2013. Türkiye ve Dünyadaki MDF Endüstrisine Genel Bir Bakış. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 9(2) 117-125.
- Akyüz M., Kırbağ, S. 2009. Bazı Tarımsal ve Endüstriyel Atıkların *Pleurotus Spp.* Üretiminde Kompost Olarak Değerlendirilmesi: *Ekoloji Dergisi*, Sayı 70, S.27-31.
- Anonymous, 2002. Remade Scotland, Wood Waste Arisings in Scotland, Assessment of Available Data on Scottish Woodwaste Arisings, October.
- Anonymous, 2005. Options for Increasing The Recovery of Panelboard Waste. *WRAP the Waste and Resources Action Programe*, June 2005.
- Ayrılmış, N., 2000. Ağaç Türünün MDF Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balkız, Ö. D., 2006. Orman Gülünün (*Rhododendron Ponticum L.*) Lifleri Kullanılarak Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Bartın.*
- Candan, Z. 2007. Effects of Some Production Parameters on Vertical Density Profile (VDP) and Technological Properties of Medium Density Fiberboard (MDF) Doctoral dissertation, *MSc Thesis*, 400 p., Istanbul University, Istanbul, Turkey.
- Cooper, P. A., Balatinecz, J.J., 1999. Agricultural Waste Materials for Composites: Centre for Management Technology. *Global Panel Based Conference*, Kuala Lumpur, MI.
- Çamlıbel, O., 2012. Orta Yoğunlukta Lif levha (MDF) Üretiminde İnorganik Dolgu Maddelerinden Kaya Tuzu Kalsit, Boraks Pentahidrat ve Talk Minerallerinin Kullanılabilir Olanaklarının Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Düzce.*

- Çolakoğlu, G., 2001. Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Kitabı. *K.T.Ü. Orman Fakóltesi Yayınları*, 223s. Trabzon.
- Demirkır C, Çolak S. 2011. Odun Kökenli Atıkların Levha Endüstrisinde Yeniden Kullanım İmkanları, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakóltesi Dergisi* 7(1): 41-50.
- Ebnesajjad, S., 2008. Adhesives Technology Handbook. William Andrew Inc., 475p, New York.
- Ergün İ, Ok, K., 2004. Ormancılık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri 75-76,24-28 syf.
- Eroğlu, H. 1998. Lif Levha Endüstrisi Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakóltesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Eroğlu, H., Usta, M. 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Genel Yayın No:200, *Orman Fakóltesi Yayın No:30*, Trabzon.
- Forest Product Laboratory, 1989. Handbook of Wood and Wood Based Materials, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, USA.
- Frihart, C. R. (2005). *Wood adhesion and adhesives* (pp. 216-272). CRC Press, New York.
- Güler, Ç. Çobanoğlu, Z., 2001. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No : 46
- Hafızoğlu ve Deniz, (2011). Odun Kimyası Ders Notları.
- International Wood Academy, Wood Based Panels (Wood Academy) September (2005), February 25, March 8, (2008).
- ISO 818, 1975. Fibre Building Boards, *International Standard Organization*.
- Kalaycıoğlu H. ve Özen R., 2009. Yonga Levha Endüstrisi, Ders Notları, Trabzon, 2009.
- Klimczewski, M., & Nicewicz, D. 2013. Properties of Selected HDF Pulp With Recovered Fibers Added. *Drewno: prace naukowe, doniesienia, komunikaty*, 56.
- Lall, D., Lohan, O. P., Makkar, H. P. S., & Negi, S. S. 1982. In Vitro Hydrolysis of Urea-Formaldehyde Complexes Made with or Without Molasses in the Presence of Phosphoric Acid. *The Journal of Agricultural Science*, 98(3), 687-688.

- Lubis, M. A. R., Byung-Dae Park, Young Do Woo, 2016. Characterization of Recycled Fibers from Medium Density Fiberboard for Its Recycling, *Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting*, April 15-16, 2016.
- Lubis, M. A. R., Hong, M. K., & Park, B. D. 2018. Hydrolytic Removal of Cured Urea-Formaldehyde Resins in Medium-Density Fiberboard for Recycling. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 38(1), 1-14.
- Lubis, M. A. R., Hong, M. K., Park, B. D., & Lee, S. M. 2018. Effects of Recycled Fiber Content on the Properties of Medium Density Fiberboard. *European Journal of Wood and Wood Products*, 1-12.
- Lykidis, C., & Grigoriou, A. 2008. Hydrothermal Recycling of Waste and Performance of the Recycled Wooden Particleboards. *Waste Management*, 28(1), 57-63.
- Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing, *Miller Freeman Publications*, California, USA.
- Mantanis, G., Athanassiadou, E., Coutinho, J. M. A., & Nakos, P. 2004. A New Recycling Process for Waste Panels. In *Proceedings of European COST E31 conference: management of recovered wood*. Thessaloniki, Greece (pp. 22-24).
- Mengeloglu, F. 2006. Wood/Thermoplastic Composites. *I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi*. TBMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir, S. 471-480.
- Nemli G. ve Aydın A., 2003. "Üreformaldehit Tutkalları," *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, c. 57, s. 6, ss. 214, 2003.
- Olgun, Ç., Ateş, S., Akça, M., Külçe, T., Kabaca, Ö., İlhan, E., Karaoğlan, Z., Kaya, M. 2014. Çeşitli Atık Kağıtların MDF Üretim Sürecinde Hammadde Olarak Değerlendirilmesi, *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 546-553.
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2016. Ormancılık İstatistikleri.
- Özmen, N., Çetin, N., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., & Altuntaş, E. 2014. MDF Atıklarının Odun Plastik Kompozitlerin Üretiminde Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 15(1), 65-71.
- Pizzi A., 1994. Advanced Wood Adhesives Technology, *CRC Press*, New York, USA, 1994.
- Roffael, E., Behn, C., Schneider, T., & Krug, D. 2016. Bonding of Recycled Fibres With Urea-Formaldehyde Resins. *International Wood Products Journal*, 7(1), 36-45.

- Ross, R. J. (2010). Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190, 2010: 509 p. 1 v., 190.
- Sheykhi, Z., Tabarsa, T., & Mashkour, M. 2016. Effects of Nano-Cellulose and Resine on MDF Properties Produced from Recycled MDF Using Electrolise Method.
- Suchsland, O., Woodson, G.E. 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, Agric. Handb. 640, U.S. *Department of Agriculture*, Washington, DC, USA.
- Şahin, H. 2014. Geri Kazanılmış Sekonder Liflerin Yeniden Kullanılması Üzerine Bir İnceleme. *Turkish Journal of Forestry*, 15(2), 183-188.
- TS 1351, 1974. Lif Yonga Odunu, *TSE*, Ankara.
- TS 3635 EN 316, 1993. Odun liflevhalar tarifler, sınıflandırma ve semboller, *TSE*, Ankara.
- TS EN 310 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini. *TSE*, Ankara.
- TS EN 317 1999. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Su içerisinde Daldırma işleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, *TSE*, Ankara
- TS EN 322 1999. Ahsap Esaslı Levhalar- Rutubet Miktarının Tayini. *TSE*, Ankara.
- TS EN 325 1999. Ahsap Esaslı Levhalar-Deney Numunelerinin Boyutlarının Tayini. *TSE*, Ankara.
- URL-1. Atık MDF Liflendirme Yöntemleri. 15.09.2018 tarihinde http://www.remade.org.uk/media/13329/recyclingmdf_feb2006.pdf adresinden alınmıştır.
- URL-2. Wikizero, Amonyum Klorür. 10.10.2018 tarihinde <https://www.wikizero.pro/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRG9zeWE6Tkq0Q2wucG5n> adresinden alınmıştır.
- URL-3. Acar Kimya, Amonyum Sülfat. 10.10.2018 tarihinde <http://www.acarchemicals.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=11&id2=1033> adresinden alınmıştır.
- URL-4. Wikizero, Amonyum Sülfat. 10.10.2018 tarihinde <https://www.wikizero.pro/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRG9zeWE6QW1tb25pdW1fc3VsZmF0ZS5wbmc> adresinden alınmıştır.
- URL-5. Asit. Gen tr, Fosforik Asit. 10.10.2018 tarihinde <https://www.asit.gen.tr/fosforik-asit.html> adresinden alınmıştır.

- URL-6. Asit. Gen tr, Formik Asit 10.10.2018 tarihinde <https://www.asit.gen.tr/formik-asit.html> adresinden alınmıştır.
- URL-7. Makinecim.com, Odun Kırma Makinesi. 10.10.2018 tarihinde https://makinecim.com/cp/pictures/2009/03/14/111505/image_ODUN-KIRMA--YONGALAMA--MAKINESI_1237050183_1.JPG adresinden alınmıştır.
- URL-8. Odun Kırma Makinesi. 10.10.2018 tarihinde <https://i.ytimg.com/vi/x4MF52f7tDw/hqdefault.jpg> adresinden alınmıştır.
- URL-9. Foreks Kimya, 2013, 21.07.2013 tarihinde <http://www.forekskimya.com.tr> adresinden alınmıştır.
- Wan, H., Wang, X. M., & Shen, J. 2014. Recycling Wood Composite Panels: Characterizing Recycled Materials. *BioResources*, 9(4), 7554-7565.
- Warnken, M. 2001. Utilisation Options for Wood Waste: A Review of European Technologies and Practices, *Goldstein Report*.
- White, J.T., 1995. Wood Adhesives and Binders (What's the out look?), *Forest Product Journal*, 45, 3, 21-28.
- Yapıcı, F., 2008. Sariçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun OSB Üretiminde Kullanılmasında Bazı Üretim Faktörlerinin Levha Özellikleri Üzerine Etkisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 143s, Bartın.
- Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2012. Türkiye'deki Yonga Levha ve MDF Fabrikalarının Kapasite Durumları ve Kuruluş Yerleri, Genel Sekreterlik, İstanbul.
- Yüksek, A.K., 2017. Nişasta Katkı Maddesinin MDF Üretiminde Kullanım İmkânlarının Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kompozit Malzeme Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Zeng, Q., Lu, Q., Zhou, Y., Chen, N., Rao, J., & Fan, M. 2018. Circular Development of Recycled Natural Fibers from Medium Density Fiberboard Wastes. *Journal of Cleaner Production*.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emre Uzer
Doğum Yeri ve Yılı : Tokat /20.01.1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : emre060@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Tokat Cumhuriyet Lisesi
Lisans : K.T.Ü., Orman Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Kastamonu Ticaret Borsası (2011- Halen)

Yayımları

Ateş S., Uzer E., Olgun Ç. 2016. Effects of MDF Recycling Methods on Some Fiber and Board Properties. *International Forestry Symposium IFS 2016*, sf. 236.