

**BUĞDAY SAPLARINDAN (*Triticum aestivum* L.) ORTA YOĞUNLUKTA
LİF LEVHA (MDF) ÜRETİMİ**

85174

Abdullah İSTEK

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Doktora Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MERKEZİ**

BARTIN

Ocak 1999

85174

KABUL:

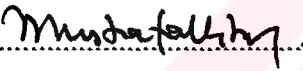
Abdullah İSTEK tarafından hazırlanan “BUĞDAY SAPLARINDAN (*Triticum aestivum* L.) ORTA YOĞUNLUKTA LİF LEVHA (MDF) ÜRETİMİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: 

Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU
(Tez Danışmanı)

Üye : 
Prof. Dr. Ramazan ÖZEN

Üye : 
Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU

Üye : 
Doç. Dr. Mustafa USTA

Üye : 
Yrd. Doç. Dr. Selman KARAYILMAZLAR

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 12 ŞUBAT 1999


Prof. Dr. Erdoğan YİĞİT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

BUĞDAY SAPLARINDAN (*Triticum aestivum* L.) ORTA YOĞUNLUKTA LİF LEVHA (MDF) ÜRETİMİ

Abdullah İSTEK

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU

Ocak 1999, 163 sayfa.

Bu çalışmada, hammadde olarak Ankara ilinden temin edilen buğday (*Triticum aestivum* L.) sapları kullanılmıştır. Kuru yöntemle üretilen MDF levhaları eldesinde %8, %10 ve %12 oranında üre formaldehit tutkalı yapıştırıcı, sulu amonyum klorürün %30'luk çözeltisinden %1 oranında sertleştirici olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, 5, 6 ve 7 dakikalık presleme süreleri levhaların üretiminde denenmiştir.

Buğday saplarının (*Triticum aestivum* L.) alkol-benzen, soğuk su, sıcak su ve %1'lik NaOH çözünürlüğü sırasıyla; %5.15, %7.31, %9.84 ve %40.79 olarak bulunmuştur. Ayrıca, holoselüloz, selüloz, lignin ve kül miktarları sırasıyla;

ÖZET (devam ediyor)

%74.79, %52.67, %20.17 ve %4.21 olarak belirlenmiştir. Yapılan lif morfolojisiyle ilgili çalışmalarda kullanılan buğday saplarının lif uzunluğu 1.2-1.5 mm, lif genişliği 12-16 mikron, lümen çapı 4-6 mikron ve çift çeper kalınlığı 7.5-11.5 mikron bulunmuştur.

Buğday saplarından MDF eldesi için en uygun lif üretim şartları; buhar basıncı 10.5 atm., buharlama süresi 4 dk. ve liflendirme süresi 2 dk. olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır.

Saman liflerinden 0.700 g/cm^3 ve 0.800 g/cm^3 , odun ve saman-odun karışımı (%30 saman+%70 odun, %50 saman+%50 odun, %70 saman+%30 odun) liflerden ise 0.800 g/cm^3 özgül kütleli MDF levhaları üretilmiştir. 0.800 g/cm^3 saman levhalarında en yüksek ve düşük su emme %79-%53, kalınlığına şişme %32.61-%20.74, eğilme dayanımı 23.30 N/mm^2 - 36.02 N/mm^2 , eğilmede elastikiyet modülü 18955 N/mm^2 - 31891 N/mm^2 ve yüzeye dik çekme direnci değerleri 0.673 N/mm^2 - 0.820 N/mm^2 bulunmuştur. Odun levhalarında en yüksek ve düşük su emme %24-%16, kalınlığına şişme %13.15-%7.60, eğilme dayanımı 28.15 N/mm^2 - 40.47 N/mm^2 , eğilmede elastikiyet modülü 21303 N/mm^2 - 32596 N/mm^2 ve yüzeye dik çekme direnci değerleri 0.725 N/mm^2 - 0.903 N/mm^2 olarak belirlenmiştir. %50 saman + %50 odun lifi karışımı levhalarında en yüksek ve en düşük su emme %64-%30, kalınlığına şişme %20.58-%16.79, eğilme dayanımı 28.22 N/mm^2 - 42.22 N/mm^2 , eğilmede elastikiyet modülü 23606 N/mm^2 - 31707

ÖZET (devam ediyor)

N/mm² ve yüzeye dik çekme direncinin 0.790 N/mm²-0.858 N/mm² olduğu belirlenmiştir.

Laboratuvar koşullarında elde edilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde yapılan istatistik değerlendirmeler sonucunda buğday saplarından en uygun MDF üretim koşulları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Tutkal miktarı	: %12	Pres basıncı	: 200-220 kp/cm ²
Pres süresi	: 6 dk.	Sertleştirici miktarı	: %1
Pres sıcaklığı	: 150°C	Saman/odun oranı	: 50/50 (%)

Anahtar Sözcükler : Buğday sapı (*Triticum aestivum* L.), MDF, Lif, Fiziksel ve Mekanik Özellikler.

Bilim Kodu : 502.06.02

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

MEDIUM DENSITY FIBERBOARD (MDF) MANUFACTURING FROM WHEAT STRAW (*Triticum aestivum* L.)

Abdullah İSTEK

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forestry Industrial Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU
January 1999, 163 pages.**

In this study, wheat straw used was taken from Ankara province. In order to produce dry process MDF urea formaldehyde was used at the level of 8%, 10% and 12%. As well as 30% solution amonium chloride was used at the ratio of 1% as hardening agent on the basis of dry fiber weight. On the other hand, 5, 6 and 7 minutes pressing times were applied.

Alcohol benzene, cold water, hot water and 1 % NaOH solubility of wheat straw used were 5.15%, 7.31%, 9.84% and 40.79% respectively. In addition, holocellulose, cellulose, lignine and ash content were found as; 74.79%, 52.67%,

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ABSTRACT (continued)

20.17% and 4.21% respectively. As a result of fiber morphology studies fiber length, fiber width, lumen diameter and double wall thickness were found as 1.2 mm-1.5 mm, 12 μ -16 μ , 4-6 μ and 7.5 μ -11.5 μ respectively.

Optimum fiber production conditions for MDF manufacturing were as follows; vapor pressure 10.5 atm., steaming time 4 minutes, defibration time 2 minutes.

MDF boards of 0.700 g/cm³ and 0.800 g/cm³ specific gravities were produced from only wheat straw and 0.800 g/cm³ specific gravity were produced from the mixture of 30% straw + 70% wood, 50% straw + 50% wood, 70% straw + 30% wood and from 100% wood fibers.

On 0.700 g/cm³ MDF straw boards maximum and minimum water absorption, swelling in thickness, bending strength, modules of elasticity, perpendicular traction values were 79%-53%, 30.61%-20.74%, 36.02 N/mm²-23.30 N/mm², 18955 N/mm²- 31891 N/mm² and 0.673 N/mm²-0.820 N/mm² respectively. Whereas, on 0.800 g/cm³ MDF wood boards maximum and minimum water absorption, swelling in thickness, bending strength, modules of elasticity, perpendicular traction values were 24%-16%, 13.15%-7.60%, 28.15 N/mm²-40.47 N/mm², 21303 N/mm²-32596 N/mm² and 0.725 N/mm²-0.903 N/mm² respectively. On the other hand, on 0.800g/cm³ MDF boards produced from mixture of 50% straw + 50% wood maximum and minimum water absorption, swelling in thickness, bending strength, modules of elasticity, perpendicular

ABSTRACT (continued)

traction values were 64%-30%, 20.58%-16.79%, 28.22 N/mm²-42.22 N/mm², 23606 N/mm²-31707 N/mm² and 0.790 N/mm²-0.858 N/mm² respectively.

As a results of statistical evaluations made on physical and mechanical properties of MDF boards produced under laboratory condition optimum straw MDF boards manufacturing conditions determined were as follows:

Resin ratio	: 12 %	Pressure	: 200-220 kp/cm ²
Pressing time	: 6 minutes	Hardening agent	: 1 %
Press temperature	: 150°C	Straw / Wood ratio	: 50/50 (%)

Key Words : Wheat Straw (*Triticum aestivum* L.), MDF, Fiber, Physical and Mechanical Properties

Science Code : 502.06.02

TEŞEKKÜR

“Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi” isimli bu çalışma Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Sayın Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU yönetiminde hazırlanmıştır.

Araştırma konusu seçiminde ve laboratuvar çalışmalarında bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU’na teşekkürü bir görev bilirim. Bu tezin hazırlanması sırasında bilimsel desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ramazan Özen, Sayın Prof. Dr. Harzemşah HAFIZOĞLU ve laboratuvar çalışmalarında beni yönlendiren ve bilimsel uyarılarda bulunan Sayın Doç. Dr. Mustafa USTA’ya şükranlarımı sunarım. Ayrıca, Sayın Bölüm Başkanım Yard. Doç. Dr. Selman KARAYILMAZLAR’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen eşim’e, çalışma arkadaşlarıma ve bu araştırmaya maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu (TOGTAG) kuruluşumuza teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
SEMBOLLER DİZİNİ	xxvii
 BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER.....	 1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 ÇALIŞMANIN AMACI.....	5
1.3 LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
1.4 KULLANILAN HAMMADDELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER	22
1.4.1 Buğday Hakkında Genel Bilgiler.....	22
1.4.1.1 Buğday saplarının çeşitli morfolojik kısımları.....	25
1.4.2 Lifler Hakkında Genel Bilgiler.....	26
1.4.2.1 Lifsel madde.....	26
1.4.2.2 Liflerin sınıflandırılması.....	26
1.4.2.3 Lif mukavemetinin lif levha özellikleri üzerine etkisi.....	28

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.4.2.4 Lif morfolojisi.....	29
1.4.3 Katkı Maddeleri ve Yapıştırıcılar.....	30
1.4.3.1 Üre formaldehit tutkalı.....	35
1.4.3.2 Fenol formaldehit tutkalı.....	38
1.4.3.3 Resorsin formaldehit tutkalı.....	39
1.4.3.4 Melamin formaldehit tutkalı.....	39
1.4.3.5 İzosiyanat tutkalı.....	40
1.4.3.6 Termoplastik tutkallar.....	41
1.4.3.7 Hayvansal tutkallar.....	42
1.5 MDF LEVHALARI ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	42
1.5.1 Hammaddenin Hazırlanması.....	43
1.5.1.1 Kabuk soyma.....	43
1.5.1.2 Yongalama ve yongalayıcılar.....	45
1.5.2 Lif Üretim Yöntemleri.....	49
1.5.3 Lif Levha Üretim Yöntemleri.....	53
1.5.3.2 Liflerin kurutulması.....	56
1.5.3.3 Kimyasal katkı maddelerinin ilavesi ve tutkallama.....	57
1.5.3.4 Liflerin serilmesi.....	58
1.5.4 Presleme.....	58
1.5.4.1 Ön pres.....	59
1.5.4.2 Sıcak pres	59

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
1.5.5 Pres Sonrası İşlemler	60
1.5.5.1 Konveksiyon (taşıma).....	62
1.5.5.2 Kontakt (dokunma) yöntemi	62
1.6 LEVHALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	62
1.6.1 Lif Levhaların Sınıflandırılması	63
1.6.2 MDF ile Yonga Levhaların Teknolojik Özelliklerinin. Karşılaştırılması.....	65
1.6.3 Dünyada ve Ülkemizde MDF Üretimi	68
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOD	70
2.1 MATERYAL	70
2.1.1 Araştırma Materyalinin Seçimi	71
2.1.2 Deney Levhalarının Hazırlanması	71
2.1.2.1 Lif üretimi	71
2.1.2.2 Tutkallama ve sertleştirici ilavesi.....	75
2.1.2.3 Levha taslağının hazırlanması ve üretim koşulları.....	76
2.1.2.4 Presleme	78
2.1.3.5 Pres sonrası işlemler	79
2.1.3 Test Örneklerinin Hazırlanması	79
2.2 METOD	80

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.1 Yapılan Kimyasal Analizler	80
2.2.1.1 Alkol - benzen çözünürlüğü	81
2.2.1.2 Soğuk su çözünürlüğü	81
2.2.1.3 Sıcak su çözünürlüğü.....	82
2.2.1.4 %1'lik NaOH'de çözünürlük.....	82
2.2.1.5 Holoselüloz tayini.....	83
2.2.1.6 Selüloz tayini	84
2.2.1.7 Lignin miktarı tayini	85
2.2.1.8 Kül tayini	86
2.2.2 Lif Morfolojisiyle İlgili Çalışmalar	87
2.2.3 Fiziksel Özellikler	87
2.2.3.1 Rutubet miktarı	88
2.2.3.2 Özgül kütle	89
2.2.3.3 Su emme	89
2.2.3.4 Kalınlığına şişme	90
2.2.4 Mekanik Özellikler	91
2.2.4.1 Eğilme dayanımı	91
2.2.4.2 Eğilmede elastikiyet modülü	92
2.2.4.3 Yüzeye dik çekme direnci	93
2.2.5 Kullanılan İstatistik Yöntemler	94

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.5.1 Varyans analizi	94
2.2.5.2 Regresyon analizi.....	95
 BÖLÜM 3 BULGULAR VE İRDELEME	 96
3.1 YAPILAN KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI	96
3.2 LİF MORFOLOJİSİYLE İLGİLİ ÖLÇÜM SONUÇLARI	98
3.3 LEVHALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR	 99
3.4 İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME	106
3.4.1 Varyans Analiz Sonuçları	106
3.4.2 Regresyon Analiz Sonuçları.....	136
 BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	 148
 KAYNAKLAR	 156
ÖZGEÇMİŞ	163

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Odun kompozit levhalarının özgül kütle ve hammaddeye göre sınıflandırılması	63
1.2 MDF levhaları ile yonga levhaların kalınlık profili boyunca özgül ağırlık değişimi.....	66
3.1 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütle MDF levhaların su emme oranları.....	103
3.2 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütle MDF levhaların kalınlığına şişme oranları.....	104
3.3 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütle MDF levhaların eğilme dayanımı.....	104
3.4 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütle MDF levhaların eğilmede elastikiyet modülü...	105
3.5 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütle MDF levhaların yüzeye dik çekme direnci.....	105
3.6 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait su emme yüzdelерinin hammadde ve tutkal etkileşimleri.....	108
3.7 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdelерinin tutkal oranına göre değişimi.....	110

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.8 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına göre değişimi	112
3.9 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait elastikiyet modülü üzerine tutkal oranının etkisi	114
3.10 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine tutkal oranındaki değişimin etkisi.....	116
3.11 Farklı özgül kütlede elde edilen saman MDF levhalarına ait su emme yüzdeleri üzerine tutkal oranı değişiminin etkisi.....	118
3.12 Farklı özgül kütlede elde edilen saman MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdeleri üzerine tutkal oranının etkisi	120
3.13 Farklı özgül kütleli MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına bağlı olarak değişimi.....	122
3.14 Samandan farklı özgül kütlelerde elde edilen MDF levhalarına ait elastikiyet modülünün tutkal oranına göre değişimi.....	124
3.15 Saman liflerinden üretilen MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direncinin tutkal oranına göre değişimi.....	126
3.16 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait su emme yüzdelerinin tutkal oranına göre değişimi.....	128
3.17 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdelerinin tutkal oranına göre değişimi	130

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.18 Saman-odun liflerinden yapılan MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına göre değişimi.....	132
3.19 Saman-odun karışımı liflerinden yapılan MDF levhalarına eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal oranının etkisi	134
3.20 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme dirençlerinin tutkal oranına göre değişimi.....	136
3.21 Saman (0,700g/cm ³) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.....	138
3.22 Saman (0,700g/cm ³) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.....	138
3.23 Saman (0,700g/cm ³) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.....	138
3.24 Saman (0,700g/cm ³) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.....	138
3.25 Saman (0,700g/cm ³) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	138
3.26 Saman (0,800g/cm ³) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.....	139
3.27 Saman (0,800g/cm ³) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.	139

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.28 Saman ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.....	140
3.29 Saman ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.....	140
3.30 Saman ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	140
3.31 Odun ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği..	141
3.32 Odun ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği	141
3.33 Odun ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.....	141
3.34 Odun ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.....	141
3.35 Odun ($0,800\text{g/cm}^3$) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	142
3.36 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (30S-70O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.....	143
3.37 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (30S-70O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.....	143

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.38 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (30S-70O) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.....	143
3.39 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (30S-70O) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği..	143
3.40 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (30S-70O) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	143
3.41 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.....	144
3.42 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.....	144
3.43 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.	145
3.44 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.....	145
3.45 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	145
3.46 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.....	146
3.47 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.	146

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.48 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.....	147
3.49 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.....	147
3.50 Saman-odun karışımı ($0,800\text{g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.....	147



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Ülkemizde 1995-1998 yılları hedeflenen endüstriyel oduna talep ve arz miktarları	6
1.2 Dünyada yıllar itibariyle orman ürünleri üretimi	7
1.3 Yıllar itibariyle buğday üretimi ve verimindeki artış	23
1.4 Yıllar itibariyle buğday ekiliş alanı, üretim miktarı ve verim oranlarını...	23
1.5 Tarımsal artıkların bir hektar başına toplanabilir sap miktarları.....	24
1.6 Lif levhalarda bağ tipleri.....	34
1.7 Levha üretiminde kullanılan yapıştırıcı miktarları.....	57
1.8 Yaklaşık aynı özgül ağırlık ve kalınlıkta piyasadan temin edilen MDF levhaları ile yonga levhaların mekanik özellikleri.....	67
1.9 MDF ve Yonga levhaların yüzey pürüzlüğü.....	67
1.10 Ülkemizde ve dünyada 1995-1998 yılları arasında MDF üretimi.....	68
2.1 Buğday saplarından değişik koşullarda termo-mekanik olarak üretilen liflerden yaş yöntemle elde edilen sert lif levhalara ait liflendirme şartları ve bazı fiziksel ve mekanik özellikler.....	73
2.2 MDF yapımında kullanılan liflerin lif üretim şartları ve elde edilen liflerin özellikleri	74
2.3 Buğday saplarından MDF üretim koşulları.....	77
2.4 Saman lifleri ile odun lifleri karışımı MDF üretim koşulları.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.5 Saman lifi ve odun lifi karışımından elde edilen MDF levhası üretim koşulları.....	78
2.6 Odun liflerinden elde edilen MDF levhası üretim koşulları.....	78
3.1 Buğday saplarının çeşitli çözünürlük yüzdeleri.....	96
3.2 Buğday saplarının çözünürlükleri.....	96
3.3 Materyal olarak kullanılan buğday saplarının bazı kimyasal bileşen oranları.....	97
3.4 Buğday saplarının bazı kimyasal bileşenleri.....	97
3.5 Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) saplarının lif özellikleri.....	98
3.6 İbrelili, yapraklı ve bazı yıllık bitkilerin lif özellikleri.....	98
3.7 Buğday samanından üretilen ortalama 0.700 g/cm ³ özgül kütleli MDF levhaları bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	100
3.8 Buğday samanından üretilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütleli MDF levhalarına ait bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	100
3.9 Odun liflerinden üretilen 0.800 g/cm ³ özgül kütleli MDF levhaları bazı fiziksel ve mekanik	101
3.10 Saman-odun karışımından elde edilen ortalama 0.800 g/cm ³ özgül kütleli MDF levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	102
3.11 Saman, odun ve saman-odun karışımı liflerden elde edilen MDF 0.800 g/cm ³ özgül kütleli levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.....	103

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.12 Saman ve odun MDF levhalarının su emme yüzdelere göre çoğul varyans analiz sonuçları.....	107
3.13 Saman ve odun karışımı MDF levhaları su emme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	107
3.14 Saman ve odun MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelere göre çoğul varyans analiz sonuçları.....	109
3.15 Saman ve odun MDF levhaların kalınlığına şişme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	109
3.16 Saman ve odun MDF levhalarının eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları.....	111
3.17 Saman ve odun MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.....	111
3.18 Saman ve odun MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait çoğul varyans analiz sonuçları.....	113
3.19 Saman ve odun MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.....	113
3.20 Saman ve odun MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait çoğul varyans analiz sonuçları.....	115
3.21 Saman ve odun MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.....	115

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.22 Saman MDF levhalarının su emme yüzdelere ait çoğul varyans analiz sonuçları.....	117
3.23 Saman MDF levhalarının su emme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	117
3.24 Buğday samanından yapılan MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelere göre çoğul varyans analiz sonuçları.	119
3.25 Saman MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	119
3.26 Buğday samanından elde edilen MDF levhalarının eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları.....	121
3.27 Saman MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.....	121
3.28 Saman MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait çoğul varyans analiz sonuçları.....	123
3.29 Samandan yapılan MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.....	123
3.30 Saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait çoğul varyans analiz sonuçları.....	125
3.31 Saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.....	125

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.32 Saman-odun lifi karışımlarından üretilen MDF levhalarının su emme yüzdelere ait çift girişli varyans analizi sonuçları.....	127
3.33 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının su emme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	127
3.34 Saman-odun karışımı liflerden üretilen MDF levhaların kalınlığına şişme yüzdesi çift girişli varyans analizi sonuçları.....	129
3.35 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.....	129
3.36 Saman-odun karışımı liflerden üretilen levhalarda eğilme dayanımı çift girişli varyans analiz sonuçları.....	131
3.37 Saman-odun lifi karışımından elde edilen MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.....	131
3.38 Saman-odun karışımı levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait çift girişli varyans analiz sonuçları.....	133
3.39 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının eğilmede elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.....	133
3.40 Saman-odun lifi karışımından elde edilen levhaların yüzeye dik çekme dirençlerine ait çift girişli varyans analiz sonuçları.....	135
3.41 Saman-odun lifleri karışımlarından üretilen MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.....	135

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.42 Saman MDF levhalarına ait ($0,700 \text{ g/cm}^3$) çoğul regresyon denklemleri.	137
3.43 Saman MDF levhalarına ait ($0,800 \text{ g/cm}^3$) çoğul regresyon denklemleri.	139
3.44 Odun MDF levhalarına ait ($0,800 \text{ g/cm}^3$) çoğul regresyon denklemleri	140
3.45 Saman-odun karışımı (30S-70O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.	142
3.46 Saman-odun karışımı (50S-50O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.	144
3.47 Saman-odun karışımı (70S-30O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.....	147

SEMBOLLER DİZİNİ

%	: Yüzde
α	: Düzeyler arasındaki yanılma olasılığını,
*	: % 5 (%95 güvenle) yanılma olasılığını (önem düzeyi),
**	: % 1 (%99 güvenle) yanılma olasılığını (önem düzeyi) ifade etmektedir.
0	: Kademeler arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemsiz olduğu,
1	: Kademeler arasındaki farkın %1 ve %5 yanılma olasılığı için önemli olduğunu,
5	: Kademeler arasındaki farkın yalnızca %5 yanılma olasılığı için önemli olduğunu göstermektedir.
30S+70O	: %30 saman + %70 odun karışımı
50S+50O	: %50 saman + %50 odun karışımı
70S+30O	: %70 saman + %30 odun karışımı
atm	: Atmosfer basıncı
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
kp	: Kilopound
m	: Metre

SEMBOLLER DİZİNİ (devam ediyor)

mm	: Milimetre
N	: Newton
sn	: Saniye
ÜF	: Üre formaaldehit
X ₁	: Tutkal oranı (%)
X ₂	: Pres süresi (d.)
y ₁	: Su emme oranı (%)
y ₂	: Kalınlığına şişme oranı (%)
y ₃	: Eğilme dayanımı (N/mm ²)
y ₄	: Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm ²)
y ₅	: Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

1.1 GİRİŞ

Lif levha bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ilave yapıştırıcı madde kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesi sonucu meydana getirilen bir üründür. Kısaca, ligno selülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan, lif ve lif demetlerinin yeniden şekillenmesiyle elde edilen bir levhadır (Eroğlu,1988).

Lif levhalar en az %80 oranında bitkisel lif içerdiklerinden mekanik ve teknolojik özellikleri istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Lif levhaların mekanik ve teknolojik özellikleri; levha yapımında kullanılacak olan liflerin özellikleri (lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı), katkı maddelerinin miktarları ve levhaların özgül ağırlıkları belirlemektedir. Bu özelliklere liflerin elde edilme yöntemleri, levha yapım teknikleri, levha taslaklarının hazırlanması, pres basıncı, pres süresi ve pres sonrası işlemlerini de eklemek mümkündür (Eroğlu,1988).

Lif levhaların masif ağaç malzemelere göre bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri farklı yönlerde değişik değildir ve genellikle homojen bir yapıdadır. Masif odunda bulunan budak, çürüklük ve lif

kıvrıklığı gibi kusurlar ve 3 değişik yönde farklı çalışması sonucu görülen çarpılma ve çatlaklar lif levhalarda söz konusu değildir. Bununla birlikte, lif levhaların üretiminde uygulanan çeşitli yöntem ve tekniklerle direnç, sertlik ve özgül ağırlık gibi teknolojik özellikleri yanında boyutlarının da istendiği gibi ayarlanması mümkündür. Düzgün geniş yüzeyler oluşturan bu levhaların işlenmeleri daha kolay olup ısı, ses, rutubet izolasyonunda ve akustik düzenlemelerde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, çivi, vida, boya, cila ve çeşitli kaplama malzemeleriyle kaplanabilme özelliklerine de sahiptirler. Özel kalıplarla bükülerek şekil verilebildiğinden yalnız tahta ve kontrplak yerine değil, mobilya endüstrisi gibi bazı kullanım yerlerinde daha da uygun olmaktadır. Çeşitli kimyasal maddelerle rutubete, mantarlara, böceklerle ve yangına karşı dayanıklı hale getirilebilmektedirler (Eroğlu, 1988).

Odun anizotropik bir malzemedir; öz odunu, diri odun, ilkbahar odunu, yaz odunu, genç odun, budak, çatlak, yarık ve diğer patolojik kusurları içerebilir. Bu sebeplerden enine, radyal ve boyuna yönde farklı oranlarda çalışmaktadır. Bunun sonucu olarak, eğilebilir, kıvrılabilir ve oluklaşabilir. Bu kusurlar, masif odunda oluşur. Fakat, odun kompozitlerinde bulunmamaktadır. Odun kompozitleri değişik boyutlardaki bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler; kaplama levhaları, yongalar ve liflerdir. Kompozitteki bileşenlerin boyutları küçüldükçe üretilen levhanın özellikleri daha üniform bir yapıda olur. Örneğın, yonga levhalar - etiket yonga levhadan, lif levha da yonga levhadan daha üniform bir yapıya sahiptir (Rowell, 1992).

Masif odun, mantar ve böcekler tarafından tahrip edildiğinden yapısında kusurlar meydana gelebilmektedir. Kompozit levhalarda kullanılan kimyasal maddeler, bu organizmalara karşı dirençli olmalarını sağlamaktadır. Biyolojik zararlılara karşı direnç çeşitli metotlarla geliştirilebilir. Kompozitlere katılan kimyasal yapıştırıcılar hücre çeperi denge rutubet miktarını düşürerek mikroorganizmaların enzim substrat reaksiyonlarını azaltır. Bu sebeple, hayat faaliyetlerini sınırlayarak levha içindeki biyolojik degradasyonu azaltır (Rowell, et al., 1988).

Ayrıca, kompozitlere katılacak kimyasal toksik maddeler ligno-selülozik maddelerdeki biyolojik bozunmayı önler (Rowell, et al., 1985a).

Odunun kimyasal yapısını oluşturan temel maddeler selüloz, hemiselüloz ve lignin'dir. Ayrıca, birbirinden farklı olan bu organik ana yapı maddelerinden başka az miktarda ekstraktif ve inorganik madde de içermektedir. Selüloz, kapalı formülü $C_6H_{10}O_5$ olan bir polisakkarittir. Odunlaşmış hücre çeperinin yapı iskeletini teşkil eden selüloz hücre çeperinin %40-60'ını oluşturmaktadır. Polisakkaritlerden olan selüloz ve hemiselülozlara holoselüloz denmekte olup, odunun tam kuru ağırlığının yapraklı ağaçlarda %70-80, iğne yapraklı ağaçlarda ise ortalama olarak %70'ini oluşturmaktadır. Odunsu bir hücre çeperinin yapraklı ağaçlarda % 20-25'ini, iğne yapraklı ağaçlarda % 25-35'ini oluşturan lignin, tek başına bir yapı maddesi olmayıp selülozun yapışmasını sağlayarak dokuları odunlaştırmaktadır. Selüloz eğilme ve çekmeye karşı mukavemet gösterirken lignin basınca karşı mukavemetlidir (Berkel, 1970).

Odun higroskopik bir materyaldir. Kütlesi, boyutları ve yoğunluğu ile beraber mekanik, elastik ve ısı taşıma özellikleri rutubet değişmelerinden etkilenir. Bunun sonucu olarak kullanım yerlerinde istenilmeyen kusurlar meydana gelmektedir. Bunları önlemek için ahşap malzeme kurutulur veya emprenye edilir. Lif levha ve yonga levha gibi ürünler kullanılan yapıştırıcı ve kimyasal katkı maddeleri sayesinde yapıları oldukça kararlı hale gelmektedirler. Ayrıca, özel kullanım yerlerinde pazarın talep durumuna göre ekonomik analiz yapılarak emprenye edilmeleri tavsiye edilmektedir (Rowell, 1992).

Kompozit levhaların pazardaki değerlerini ortaya çıkarabilmek için yeni kaynakların ve yeni bileşen çeşitlerinin araştırılması önemlidir. Kompozit levhalarda boyut küçüldükçe hammadde kaynağı sayısı da artmaktadır. Lif levha üretiminde orman artıkları, kereste parke fabrikası artıkları, yıllık bitkiler kullanıldığı gibi atık kağıtlar da kullanılmaktadır. Bu sebeple, lif levhalar en geniş kaynağa sahiptir (Hamilton, 1992; Marcin, 1992).

Bunun yanında, lif levhaların diğer kompozit levhalara göre birçok yönden üstünlükleri vardır. Bunlardan; her türlü lifsel malzemenin kullanılmasına müsait olması, diğer kompozit levhalara uygun olmayan yıllık bitkilerin kullanılmasına imkan sağlaması önemli bir avantajdır. Örneğin, Çekoslovakya'da II. Dünya Savaşı'ndan sonra iç tabakası sap-koçan, dış tabakası ahşap kaplama panel levha olmak üzere levhalar üretilmiş ancak başarılı olamamıştır. Bu sebepten, ticari üretimine geçilememiştir. Bundan sonra, yapılan bir çalışmada mısır sapları ve

koçanları iyi bir şekilde işlendiğinde uygun bir lif kaynağı olduğu belirtilmektedir (Chow, 1974).

Atık kağıtların en iyi kullanılabildiği alan lif levha endüstrisidir. Çünkü, atık kağıtlar bünyesinde yapıştırıcı, boya, mürekkep ihtiva ettikleri gibi plastik, metal folyolar, ev atıkları gibi yabancı maddelerle de beraber bulunmaktadır. Bu yabancı maddeler, faydalı kağıt üretiminde atık kağıtlardan temizlenmelidir. Bu da, üretime artı bir maliyet getirmektedir. Atık kağıtların lif levha üretiminde kullanılmasında böyle bir gereksinim yoktur (Youngquist, 1985; Krzysik et al., 1993).

Atık kağıtların liflendirme enerjisi çok düşük olduğundan işleme maliyeti daha azdır ve ayrıca, hammadde maliyeti daha düşük olduğundan lif levha endüstrisine uygun bir hammaddedir (Anon., 1986).

1.2 ÇALIŞMANIN AMACI

Ülkemizde hızlı nüfus artışı, endüstrileşme ve orman kaynaklarının etkin ve verimli kullanılamaması v.b. nedenlerle odun hammaddesi arz açığı mevcuttur. Yapılan projeksiyonlara göre (1990-2009) uzun yıllar devam edecek bu durum odun hammaddesi kullanan bazı endüstri kollarında oduna alternatif diğer hammadde kaynaklarının araştırılmasını cazip hale getirmiştir (Anon., 1988).

Odun hammaddesinin üretim süresi çok uzun olmakla beraber üretim önemli ölçüde tabiat şartlarına bağlıdır. Diğer taraftan, nüfus ve gelir artışına bağlı olarak orman ürünlerine olan talep de artmaktadır. Orman kaynakları orman ürünlerine olan ihtiyacı karşılayamamaktadır. Ülkemizde verimli koru ormanlarının yıllık ortalama etası ibreli ağaç türlerinde 12.115.378 m³, yapraklı ağaç türlerinde 4.704.500 m³ olmak üzere toplam 16.819.878 m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca baltalık ormanlarda eta miktarı ise 7.946.743 ster olarak tesbit edilmiştir. Ülkemizde 1995-1998 yılları arasında endüstriyel oduna (tomruk, sanayi odunu, maden direği, tel direği ve lif-yonga) olan talep ve üretilmesi (arz) hedeflenen toplam miktarları Çizelge 1.1'de görülmektedir. Çizelge 1.1'deki verilere özel sektör tarafından üretilen endüstriyel odun toplamı da eklenmiştir (Anon., 1988).

Çizelge 1.1 Ülkemizde 1995-1998 yılları hedeflenen endüstriyel oduna talep ve arz miktarları.

Endüstriyel odun	1995	1996	1997	1998
Talep miktarı (milyon m ³)	15.289.796	15.777182	16.286.419	16.701.222
Arz miktarı (milyon m ³)	11.656.325	11.923215	12.169.663	12.487.174

Ayrıca, FAO'nun 1992 yılı verilerine göre ülkemizin toplam yuvarlak odun üretimi 15.125.200 m³/yıl olduğu, toplam üretim içerisinde endüstriyel odun miktarının 5.502.000 m³/yıl olarak gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Oysa, aynı yıl içerisinde 400.000 m³ ithal edilirken 12.000 m³ ihraç edilmiştir (Anon, 1994a).

Bu verilerden anlaşıldığına göre, gelecek yıllarda odun hammaddesi açığının büyüyeceği oduna olan talebin büyüyen sanayimiz karşısında artacağı göz önünde

bulunursa bu soruna kısa vadede çözüm getirilmesinin olanaksızlığı açıktır. Ayrıca, artan nüfuzun odun hammaddesine olan talebi zamanla daha da artacaktır. Bu talebi karşılamak için yakacak olarak kullanılan odunun, odunu hammadde olarak kullanan endüstri kollarına kaydırılması ve talep fazlalığının ithalatla karşılanması mümkün görülüyorsa da sözü edilen bu çözümlerin kısa ve uzun vadede bir takım sakıncalar yaratması da kaçınılmazdır. Dünyada orman ürünlerinin üretimi yıllar itibariyle Çizelge 1.2’de görülmektedir (Anon., 1997).

Çizelge 1.2 Dünyada yıllar itibariyle orman ürünleri üretimi (milyon m³).

Orman Ürünleri	1970	1980	1990	1994
Yakacak odun ve odun kömürü	1184.9	1478.0	1780.4	1891.0
Endüstriyel odun	1278.0	1451.5	1718.2	1467.1
Kerestelik odun	414.5	451.2	505.2	413.3
Oduna dayalı levha üretimi	69.9	101.1	124.1	126.9
Toplam lif üretimi	133.6	178.8	249.1	271.4
Kağıt ve karton üretimi	126.5	170.3	240.1	269.4

Çizelgede görüldüğü gibi dünyada oduna dayalı levha üretimi 1970 yılından 1994 yılına kadar %182 oranında artmıştır. Buna karşılık endüstriyel odun üretimindeki artış sadece %14.79’da kalmıştır.

Dünyada kağıt sanayinde yıllık bitkilerin payı 1970’den günümüze her geçen yıl arttığı bilinmektedir. Yıllık bitkilerin kağıt hamuru üretimindeki kullanım oranı 1975’de %6.8 iken bu oran 1985’de %8.1’e yükselmiştir. 1985-1990 yılları arasında yıllık bitkilerdeki artış oranı %4.7 iken, aynı yıllar arasında odundaki artış miktarı %2’de kalmıştır (Atchison, 1989).

Bilindiği gibi, Türkiye önemli tahıl üreticisi ülkelerden birisi olup özellikle buğday sapları üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. İstatistiklere göre ülkemizdeki toplanabilir buğday saplarının miktarı 20-26 milyon ton olarak belirtilmektedir. Ayrıca, bu üretimin %20'si Ankara ve Konya bölgelerinde toplu şekilde üretilmesi toplama ve taşıma giderlerinin azaltılması açısından önemlidir. Bu araştırma ile buğday sapları değerlendirilmesi mümkün olurken, diğer taraftan MDF üretimi için yeni hammadde kaynakları yaratılacak, buğday tarımıyla uğraşan köylüye de bir ek gelirin sağlanması mümkün olacaktır (Eroğlu, 1980).

MDF levhaları yonga levhaya oranla üstün fiziksel özellikleri, kenarlarının sağlamlığı, stabilite ve kolay işlenme gibi önemli üstünlüklere sahiptir. Bu üstünlükleri MDF ürünlerinin kullanım alanlarının artmasına, birçok alanda yonga levha yerine kullanılmasına imkan tanımaktadır (Eroğlu, 1988).

Dünyada MDF üretimi 24 milyon m³/yıl'a kadar çıkmıştır. Ülkemizde ilk Ordu Çamsan MDF Fabrikası (55.000 m³/yıl) 1983 yılında kurulmuştur. 1993 yılına kadar sadece bu fabrika aynı kapasite ile çalışmış, 1995 verilerine göre kapasitesi 169.000 m³/yıl olmuştur. Ayrıca, 1995 yılında üretime başlayan Starwood MDF fabrikası (İnegöl =100,000 m³/yıl) ve Kastamonu MDF fabrikası (100,000 m³/yıl) kurulmuştur (Anon, 1995a).

İlave olarak, Düzce'de 1998 yılında işletilmeye açılan ve 250 m³ /gün kapasite ile çalışan DİVEPAN MDF fabrikası üretime başlamıştır.

Ülkemizde MDF üretiminin öncülüğün yapan ilk fabrika (ÇAMSAN) Ordu ilimizde kurulmuş olup, kuruluşundan bugüne kadar 15 yıl gibi kısa bir süre geçmesine rağmen hammadde sorunu ile karşı karşıya kalmış bulunmaktadır. Sözü edilen kuruluş hammaddesinin çoğunu Trakya bölgesinden almaktadır. Bu çalışmamızla MDF fabrikaları için alternatif hammadde kaynağı olanağı ortaya koyulmuş olacaktır. Diğer taraftan, herhangi bir MDF fabrikasının yatırım maliyetleri bir kağıt fabrikasına göre 1/10 oranında düşüktür. Buğday tarımının fazla olduğu Orta Anadolu'da yeni fabrikaların kurulması, hammaddenin taşıma masraflarını düşüreceği gibi buğday tarımıyla uğraşan çiftçiye de yeni bir ek gelir sağlamasına kadar çeşitli faydalar olacaktır.

Odun kompozit ürünleri ilk üretim yıllarında yonga levha gibi ürünlerin rutubet alarak şişmesi nedeniyle fazla tutulmamıştır. Bu durumu ortadan kaldırmak için yapılan çalışmalar sonucunda; levha yapımında kullanılan yapıştırıcılardan kaynaklandığı belirlenmiş ve sorunun giderilmesi için değişik yapıştırıcı ve hidrofobik maddeler kullanılmış ve başarı sağlanmıştır. Ligno-selülozik maddelerin kaynağı odun, zirai artıklar, su bitkileri, çimler ve diğer bitki bileşenleridir. Bir hammaddenin kullanım amacına göre teknolojik ve ekonomik yönden uygunluğu düzenli, devamlı, önceden tahmin edilebilen ve üretilebilirlik özelliklere sahip olması önemlidir. Lif levha endüstrisi hammaddelerinin karışım halinde kullanılabilmeleri yönünden önemli üstünlüğü vardır. Bir ligno-selülozik kompozit levha, bir veya birden fazla bileşenden oluşan çeşitli yapıştırıcılar, sertleştiriciler ve hidrofobik maddeler kullanılarak üniform yapıda ve hidrofob

özelliklere sahip bir mamul veya yarı mamuldür. Bilinen en iyi ligno-selülozik kompozit levhalar kontrplak, yonga levha, lif levha ve laminasyonlu levhalardır. Kullanım yerlerine göre doğru bir seçim yapılırsa oluşabilecek kusurlar en aza indirilebilir (Rowell, 1992).

Hammadde olarak odun ve diğer ligno-selülozik maddeler rutubet değişiminin bir sonucu olarak çalışır. Bununla beraber, diğer yapı malzemelerinin de bazı sakıncalı ve avantajlı yönleri vardır. Metaller, cam ve plastikler sıcaklığın artışı sonucu genişir. Beton rutubet, pH değişimleri, mikrobial etki sonucu bozulur. Metaller oksitlenir. Ligno-selülozik maddeler ve plastikler yanar fakat metal ve plastikler yüksek sıcaklıkta erir ve akar. Oysa, ligno-selülozik maddeler mükemmel yalıtkan özelliğe sahiptir. Ayrıca, ağırlıklarına göre direnç özellikleri diğer maddelerden daha yüksektir. Ekonominin bir kuralı olarak yüksek performanslı üretim yüksek maliyet, düşük performanslı üretim düşük maliyet getirmektedir. Odun endüstrisi yüksek üretim performanslı ve düşük maliyetlidir. Madencilik gibi diğer endüstri dalları ise yüksek maliyetlidir (Rowell, 1992).

1.3 LİTERATÜR ÖZETİ

Lif levha endüstrisinin kağıt endüstrisine bağlı olarak geliştiği söylenebilir. Kontrplak (Plywood) 20. yy başlarında, izolasyon levhaları (insulation board) I. Dünya savaşından sonra, sert lif levha (Hardboard) ise II. Dünya savaşında (Almanya'da) üretilmiştir. Orta yoğunlukta lif levha (Medium Density Fiberboard - MDF) ve etiket yonga levha (Waferboard) 1950'lerden sonra ABD'de üretilmeye

başlanmıştır. İlk MDF fabrikası 1965 Yılında New York' da inşaa edilmiştir (Suchsland ve Woodson, 1986).

Son yıllarda MDF üretimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Mevcut fabrikalar kapasitelerini arttırma yoluna gittiği gibi, her yıl yeni fabrikalar da kurulmaktadır. Örneğin, Avrupa'da 1994 yılında toplam MDF üretimi 3,925,000 m³/yıl olduğu halde 1998 yılında bu miktar 9,068,000 m³/yıl olmuştur (Anon,1995a; Anon, 1998a).

Orta yoğunlukta lif levhalar deyimi; termo-mekanik olarak üretilen liflerin kurutulduktan sonra %9-11 oranında yapay reçine ilave edilerek sıcak presleme ile elde edilen levhalardır. Kısaca kuru yöntemle üretilmiş levhalar anlaşılmaktadır (Eroğlu, 1988).

Woodson ve Suchsland (1986) odun kompozit levhalarını aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırmışlardır:

1. Yoğunluklarına,
2. Üretim yöntemine (yaş - kuru),
3. Yonga boyutlarına göre.

Lif levhalar, Türkiye'de Türk Standartlarına göre TS 64 olarak 1973 yılında ilk defa standardize edilmişlerdir. Bu standartda, lif levhalar özgül ağırlıklarına göre sınıflandırılmış ve yoğunluğu 350 - 800 kg/m³ arasındakiler orta yoğunluktaki lif levhalar (MDF) olarak tanımlanmıştır.

MDF üretiminde hammadde olarak düşük değerli odunlar kullanılmaktadır. Ayrıca, sınıflandırma dışı yuvarlak odunlar, aralama kesimlerinden elde edilen odunlar, kereste endüstrisi atıkları, ardaklanmış odunlar, kontrplak fabrikası atıkları ve yakacak odunlar kullanılmaktadır (Eroğlu, 1988).

Yukarıda açıklanan mevcut hammaddeler dışında alternatif hammaddelere olan ihtiyaç sebebiyle değişik çalışmalar yapılmıştır. Bunlar arasında, Taşkın (1987) Orman gülü (*Rhododendron ponticum* L.) odunlarından yaş metotla lif levha üretiminin imkanlarını araştırmış ve % 50 Orman gülü - % 50 Ladin odunları kullanıldığında teknolojik özellikleri bakımından standartlara uygun levhalar elde edilebileceğini belirlemiştir.

MDF, Malezya'da kağıt sanayiinde kullanılan ve çok hızlı büyüyen bir tür olan *Acacia mangium* Willd. odun liflerinden üretilmiştir. Bu üretimde üretilen melamin ve izosiyanat reçineleri yapıştırıcı olarak kullanılmıştır. *Acacia mangium*'dan elde edilen levhaların suya dayanımı Japon iğne yapraklılarından elde edilen levhalara göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu türün odununda bulunan özel bir ekstraktif madde nedeniyle boyutsal kararlılığının mükemmel olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, düşük oranda izosiyanat reçinesi kullanılarak yapılan levhaların yeterli dirence ve suya karşı dayanıklı oldukları belirtilmektedir. Bu çalışma ile bu türün MDF üretimine çok uygun olduğu ortaya konulmuştur (Tomimura et al., 1987).

MDF, odun liflerinden ve üretim süresince atık olarak elde edilen ucuz karbon liflerinden izosiyanat reçinesi kullanarak üretilmiştir. Orta tabaka içerisindeki karbon liflerinin az miktarda kullanılmasıyla levhanın mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Çünkü karbon lifleri elektriği iletir. Sonuç olarak üretilen levhalar elektro-manyetik parazitlere karşı etkili bir koruyucu örtüdür. Levhadaki bu etkiler karbon liflerinin artırılması ile artmıştır (Tomimura and Suzuki, 1987).

Chon ve Zhao 1992 yılında Kuzey Orta Çin'de yaptıkları bir çalışmada; huş, dişbudak, ıhlamur, duglas, ladin ve melez türlerini %70 sert odun ve %30 yumuşak odun olmak üzere karıştırmışlar, %8 fenol formaldehit reçinesi ilave ederek MDF elde etmişlerdir. Bu levhaların kontrplak kadar iyi direnç özelliklerine sahip olduklarını belirtmişlerdir (Chon ve Zhao, 1992).

Diğer taraftan, yapıştırıcı olarak fenol formaldehit kullanılan MDF üretiminde, levhaların boyutsal kararlılığı konusunda; mukavemet direncinin azaldığı, şişme etkisinin ve elastikiyet modülünün büyük ölçüde arttığı belirlenmiştir. MDF' nin boyutsal kararlılığını etkileyen en önemli faktörün lifler arası bağlanma olduğu bulunmuştur (Minato et al., 1992).

Peter H. Wiecke, şeker kamışı posası olan bagasse' den 1983 yılında Khon Kean Şeker Fabrikası Co. Ltd. tarafından yapımına başlanan ve 1985 yılında üretime geçen ve hammadde olarak bagasse kullanan bir fabrikanın kurulduğunu belirtmektedir. Bu fabrikada üretilen MDF levhaların diğer MDF'ler gibi mobilya, kabin, dolap gibi kullanım alanlarına sahip olup, yoğunluğu 700 kg/m³ , kalınlığı

6-30 mm ve günlük 70 ton üretim yapabilen ve Khon Kean MDF (KKMDF) adıyla bilinmektedir. Hammadde hem kendi eker fabrikalarından çıkan bagasse ve hem de yakın bölgelerdeki diğerk fabrikalardan sağlanmaktadır. Bagasse mevsimlik olduğundan depolama sorunuyla karşı karşıyadır. Bununla birlikte, bagasse özel depolamaya ihtiyaç duyması dezavantajı olarak sayılabilir. Buna rağmen bagasse, oduna göre taslak oluşturmada tutunması kolay, serbest akıcı olmayan, hacimli ve daha uzun liflidir (Wiecke, 1988).

Gençer (1998) yapmış olduğu çalışmada pamuk saplarından kuru yöntemle MDF retimi olanaklarını araştırmış ve çalışmasında pamuk saplarından MDF yapılabileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen MDF levhalarının fiziksel özelliklerinin standartlardan yüksek olduğu fakat, mekanik özelliklerin ise uygun olduğunu belirtmektedir (Gençer, 1998).

Belirli rutubet içeriği ve yapıştırıcı olarak fenol formaldehit kullanılarak, % 70 yumuşak odun, % 30 sert odun artıklarından yüksek su buharı basıncı altında çok iyi direnç özelliklerine sahip MDF retilmiştir (Okamoto et al., 1994).

Eroğlu (1988)'ya göre MDF' nin özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir.

1. Homojen yapılı olup doğal odun özelliğinde yapay bir üründür.
2. Levha yüzeyleri yüzey işlemeleri için uygun olup işlem görmüş yüzeylerde zamanla pürüzlenme ve parlaklık azalması olmaz.

3. Levha kenarlarının kusursuz olması, kolayca işlenebilmesi, kaplanabilmesi, zımpara istememesi, cilalanması, baskı yapılabilmesi ve kolay yapıştırılabilmesi.
4. Fiziksel özellikleri çok yüksektir, fakat hafif değildir.
5. Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odunlardan üretilmektedir.
6. Rutubete dayanıklıdır, şişmez, kolay kesilir, yarılp parçalanmaz, çivilenip vidalanabilir.
7. Levha boyutları standartlara uygundur ve çok güzel işlenebilir.

Sağlamlık her yönde aynı olduğundan doğal oduna oranla daha geniş mobilya dizaynı imkanı verir (Haylock, 1985 ; Çehreli, 1984; Eroğlu, 1988).

Yonga levha ve MDF oduna dayalı laminasyon panel uygulamalarının çoğunda alt tabaka olarak kullanılmaktadır. Bu laminasyon levhaları özellikle dolap, mobilya ve diğer endüstriyel uygulamaların yapımında kullanılmaktadır. Özellikle laminasyon levhalarının üretiminde alt tabaka kullanılan malzemenin rutubet içeriği, elastikiyet modülü, kalınlığı, yapısal kararlılığı, yüzey pürüzlülüğü, levha yapımında kullanılan tutkal, lif kabalılığı gibi faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kriterler göz önünde bulundurularak MDF ve yonga levhaların yüzey kalitesinin belirlenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Yapılan çalışmalarda yüzey kalitesini belirlemede 15'den fazla metod olduğu ve uluslararası standartlarda 11 değişik metod kullanıldığı belirtilmiştir. Bunların en önemlileri su emme şişme testi, yüzeye dik yönde çekme ve eğilme kırılma test

deneyleridir. Alt tabaka yüzey kalitesi belirlemede kullanılan kriterler laminasyon levhaları için önemlidir. Objektif test metotlarında yüzey kalitesi belirleme kriterlerinde standartlar tatmin edici değildir (Hoag, 1992).

Walter (1984) bir pilot tesiste yapmış olduğu çalışmada; presi çok hızlı ısıtmak için su buharının yoğunlaşma ısını kullanarak tek katlı prestan faydalanarak yonga levha ve MDF elde etmiştir. Presleme süresi çok kısa örneğin 40 mm kalınlığındaki bir MDF için 86 saniye gerekirken olduğunu ifade etmektedir. Metod özellikle MDF levhaların üretimi için uygundur. Elde edilen levhaların oldukça homojen bir yoğunluk profili oluşturduğu ve iyi direnç özelliklerine sahip olduğunu belirtmiştir. Bu yöntemle tüm standartlarda belirtilen yapıştırıcılar, geleneksel yöntemlerde uygun olmayan düşük formaldehit de dahil kullanılabildiğini ifade etmektedir .

Atık kağıtlar ile atık kağıt odun lifi karışımından MDF üretilmiştir. 19 mm kalınlığında yoğunluğu $720-730 \text{ kg/m}^3$ DIN standartlarına uygun melamin, izosiyanat ve üre-formaldehit yapıştırıcıları (orta tabakada %9 ve yüzey tabakasında %12) kullanmıştır. Yüzey kalitesinin veya yoğunluğunun artırılması için tutkal miktarı %14 'e kadar çıkartılmıştır. Atık kağıtların ve düşük kaliteli mekanik hamur atık kağıtlarının MDF üretimi için pratik ve uygun olduğunu çalışmaları sonucunda belirtmişlerdir (Deppe and Knoll, 1984).

Alçılı gazete kağıdı, yazı ve baskı kağıdı, oluklu mukavva kağıdı, kraft eski kağıtları ve kırpıntı kağıt gibi çeşitli atık kağıtlar, ağartılmış ve ağartılmamış

sulfat selülozu ve kraft selülozu ile kimyasal saman selülozu kullanılarak alçılı lif levha üretilmiştir. Elde edilen alçılı lif levhaların su alma miktarları standartlardan fazla olduğu belirtilmektedir (Akşen, 1998).

Bir başka çalışmada, asetillenmiş, buharla muamele edilmiş ve asetillenmemiş lifler kullanılarak özgül kütlesi 0,2 ile 0,5 g/cm³ arasında değişen lif levhalar üretilmiştir. Yapılan bütün levhalarda özgül kütlenin 0,5 g/cm³ den 0,2 g/cm³ e azalmasıyla boyutsal stabilite artmıştır. Asetillenmiş liflerden yapılan levhaların buharla muamele edilmiş liflerden yapılan levhalardan boyutsal olarak çok daha kararlı olduğu bütün değişik özgül kütlelerde üretilen levhalarda test edilmiştir. Ayrıca, buharla muamele edilmiş liflerden yapılan lif levhalarda ağırlık olarak %15 hemiselüloz kaybına uğradığı ve biraz da lignin ve ekstraktif madde kaybı olduğunu belirtmektedir (Rowell et al., 1995b).

Diğer taraftan, *Pinus radiata*'dan elde edilmiş MDF ve yonga levhaların levha düzlemi üzerinde sesi yayması ölçülerek eğilme direnci ve elastikiyet modülleri ile ilişkilendirilmiştir. Ses hızı yonga levhalarda 2297 (m/s), MDF levhaların ise 2386 (m/s) olarak ölçülmüştür. Levha bileşenlerinin eğilme direncini ve elastikiyet modülünü etkilediği görülmüştür. Ses hızının yoğunlukla arttığı tespit edilmiştir. Lif levha ve yonga levha üretiminin kalitesinin kontrol edilmesi için ses hızı ölçümünün uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (Niemz and Steinmetzler, 1996a).

Niemz and Steinmetzler (1996b) yaptıkları bir çalışmada MDF'lerin şişme miktarındaki değişimleri araştırmışlardır. Kullanılan levhaların yoğunlukları 560 ve 676 (kg/m³) olup, rutubet değişimi %10 ile % 45 arasındadır. Şişme miktarının rutubet artışı ve yoğunluk artışı ile doğrusal olarak arttığını belirtmiştir.

Kleinschmidt (1996) ses ultrasonu ile yonga levha ve MDF'lerdeki çatlak ve kusurların belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Grigoriu (1983) yaptığı bir çalışmada, ticari MDF'lerin ve yonga levhaların özelliklerini belirlemiş ve karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada, MDF'lerin eğilme direnci yonga levhalardan daha yüksek olduğu halde vida tutma kabiliyetleri arasında kayda değer bir fark bulunmadığını belirtmiştir.

Rafinörlerde liflendirme işlemi sırasında uygulanan buhar basıncının MDF özelliklerine etkisini belirlemek için Acer rubrum yongaları 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 (psi) basınç değerlerinde olmak üzere altı grup olarak liflendirilmiştir. Üretilen levhalarda üre formaldehit tutkalı %6, %8, %10 ve %12 olarak dört ayrı oranda kullanılmıştır. Liflendirme basıncındaki artışın levhaların eğilme direnci, elastikiyet modülü, iç bağlanma, su absorpsiyonu ve kalınlığına şişme değerleri üzerine belirgin bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, tutkal miktarının artmasıyla iç bağlanma direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü orantılı olarak artmıştır. Kalınlığına şişme ve su absorpsiyonu azalmıştır (Labosky et al., 1993).

Irle ve Juma (1995) yaptıkları bir çalışmada polietilen glikol (PEG) ile muamele edilmiş liflerden elde edilen levhalarda boyutsal stabilitenin artmadığını belirtmişlerdir.

Formaldehit tutkalları ile üretilen levhalar çevreye formaldehit yaymaktadır. İnsan ve diğer canlıların formaldehitden zarar görmemeleri için yayılan formaldehit oranının mümkün olduğu kadar sınırlandırılması gerekmektedir. Marutzky ve arkadaşları (1992) yaptıkları bir çalışmada üretimde üre formaldehit tutkalı kullanan MDF fabrikalarından aldıkları 16-19 (mm) kalınlığındaki levhaların formaldehit emisyonunu belirlemişlerdir. Çalışmada yayılan formaldehit miktarının levhaların yüzey yoğunluğu ile orantılı olduğu ve yüzey yoğunluğu yüksek olan levhaların yüzey yoğunluğu düşük olan levhalardan 1/3 oranında az formaldehit yaydığını belirtmişlerdir.

3-8-14 yaşlarındaki *Hevea brasiliensis* odunlarının yoğunlukları sırası ile 530-540-530 (kg/m^3) hesaplanmış, lif uzunlukları 1.24-1.33-1.5 (mm) olarak ölçülmüştür. Bu liflerden JIS A 5906-1983 standartlarına uygun olarak 700 (kg/m^3) yoğunluğunda üretilen MDF'lerin eğilme dirençleri 300 (kg/cm^2)'yi, iç bağlanma dirençleri ise 5 (kg/cm^2)'yi aşmıştır. Bununla birlikte, 3 ve 8 yaşındaki ağaçlardan üretilen levhaların iç bağlanma dirençleri 14 yaşındaki ağaçlardan üretilen levhalardan daha yüksek olmuştur (Modh, 1995).

Bir başka çalışmada; endüstriyel olarak üretilen MDF ve Yonga levhaların %40-%95 arasında nispi nemde denge rutubet içerikleri ve şişme miktarları belirlenmiştir. MDF levhalarının denge rutubet içerikleri ve şişme miktarının yonga levhalardan çok daha düşük olduğu bulunmuştur. Levhaların tekrar kondisyonlanmasından sonra MDF levhalarının boyutsal kararlılığının yonga levhalara oranla daha stabil olduğu belirlenmiştir (Niemz and Poblete, 1996).

MDF ve Yonga levhaların boyutsal kararlılığı üzerinde yapılan başka bir çalışmada değişik tipteki kaplanmış ve kaplanmamış levhalar kondisyonlama işleminden sonra deformasyon testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler sırasında levhaların 48 saat içinde deforme oldukları gözlenmiştir. MDF levhaları yonga levhalara göre oldukça düşük sorpsiyon miktarı ve yapısı nedeniyle daha az deforme olduğu ve tekrar kondisyonlama işlemine tabi tutulduklarında hızlı bir şekilde düzeldiği gözlenmiştir. Kaplanmış levhalara rutubetin etkisinin kaplanmamış levhalardan önemli bir şekilde daha düşük olduğunu belirtilmektedir. Levhaların boyutsal kararlılığı üzerine sıcaklığın etkisinin rutubetin etkisinden 10 kere daha az olduğunu belirtilmektedir (Jensen and Kehr, 1995).

Değişik oranlarda odun lifleriyle bambu liflerinin (1/0, 3/1. 1/1. 1/3. 0/1) karışımından kompozit lif levhalar yapılmıştır. Levhaların yapımında yoğunlukları $0,60-0,80 \text{ g/cm}^3$, tam kuru lif ağırlığına oranla %10 izosiyanat reçinesi kullanılarak hem kuru serme hem de yaş serme sistemi denenmiştir. Yapılan eğilme, elastikiyet, kırılma ve lineer genişleme değerleri hesaplanmıştır.

Bambu oranının artmasıyla bu değerlerin artığı belirtilmektedir (Zhang et al. 1995).

İki ticari işletmeden tedarik edilen liflerden geleneksel dört yöntemle yapıştırıcı kullanılmadan yaş ve kuru yöntemle sert lif levha üretilmiştir. Yapıştırıcı kullanılmadığı halde bütün yöntemlerde elde edilen sert lif levhalar fiziksel ve mekaniksel özellikleri bakımından yüksek kaliteli levhalar sınıfına ait özellikler göstermiştir. Ancak, levha kalitesi üzerinde liflendirme şartları pres şartlarından (yaş veya kuru) daha etkili olmuştur (Suchsland, et al. 1985).

Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarından elde edilen 5 tip ticari MDF levhalarının eğilme direnci, i bağlanma direnci, i laminar makaslama direnci testlerine tabi tutulmuştur. Bu değişik levhalar arasında i bağlanma direnci ve i laminar makaslama gerilimi arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Her bir levha tipi için test makinesindekiene açıklığı azaltıldııka maksimum makaslama gerilimi artmıştır. İ laminar bağlanma basıncı makaslama direnci ile eğilmenin geçiş noktasında makaslama gerilimi başarısızlığı ile açık bir şekilde ilişkili olduğu bulunmuştur. Kısaene açıklığı eğilme test metodu i bağlanma direnci özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Suzuki, et al., 1987).

1.4 KULLANILAN HAMMADDELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Yapılan çalışmalarda hammadde olarak buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarıyla birlikte yapıştırıcı olarak üre formaldehit tutkalı ve sertleştirici olarak da amonyum klorür (NH_4Cl) kullanılmıştır.

1.4.1 Buğday Hakkında Genel Bilgiler

Tahıllar grubuna giren buğday (*Triticum*), arpa (*Hordeum*), çavdar (*Secale*), yulaf (*Avena*), mısır (*Zea*), çeltik (*Oryza*), darılar ve kuşyemi ekiliş, üretim ve değer yönünden tarla bitkileri içersinde en önemli yeri alırlar. Bunlardan buğday, arpa, yulaf ve çavdar serin iklim tahılları diğerleri ise sıcak iklim tahılları adı altında toplanmaktadır. İnsan beslenmesinde günlük ekmeğin hammaddesi olan tahıllar hayvan beslemesi ve endüstride de kullanılmaktadır. Dünyada tahıl ekim alanı 800 milyon hektar, üretimi ise 1,5 milyar ton dolayında olduğu belirtilmektedir (Kün, 1988).

FAO verilerine göre ise 1990 yılında dünya buğday üreticisi ülkeler sıralamasında 20 milyon ton üretimi ile ülkemiz 7. sırada yer almaktadır. Ülkemizde buğday üretimi 9.351.000 Ha'lık alanda yapılmaktadır (Anon., 1991).

Ülkemiz toprak ve iklim şartları itibariyle bir tahıl ülkesi olup üretimde ilk 10 ülke arasına yer almaktadır. Yıllar itibariyle buğday üretiminin ve verimindeki artış Çizelge 1.3'de görülmektedir.

Çizelge 1.3 Yıllar itibariyle buğday üretimi ve verimindeki artış.

Yıllar	Ekim Alanı	Üretim (ton x 1000)	Verim (kg/da)
1926-1930	2.882	2.150	74.6
1936-1940	3.804	4.020	105.5
1946-1950	4.206	3.630	86.3
1956-1960	7.435	7.110	106.4
1966-1970	8.282	9.924	119.7
1976-1980	9.259	16.750	180.9
1986-1990	9.300	18.900	203.4

Ayrıca, Çizelge 1.4’de 1986-93 yılları arasındaki buğday ekim alanı, üretim miktarı ve verim oranlarını göstermektedir. Ekim alanları ile üretim miktarının her geçen yıl arttığı buna karşın verimin değiştiği gözlenmektedir (Anon, 1994b).

Çizelge 1.4 Yıllar itibariyle buğday ekim alanı, üretim miktarı ve verim oranları.

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Ekiliş (ha)	9.350.000	9.415.000	9.435.000	9.351.000	9.450.000	9.630.000	9.600.000	9.800.000
Üretim (ton)	19.000.000	18.900.000	20.500.000	16.200.000	20.000.000	20.400.000	19.300.000	21.000.000
Verim (kg/ha)	2.032	2.007	2.173	1.732	2.116	2.118	2.010	2.143

Yıllık bitkilerin sapları hasat esnasında toprak seviyesinden oldukça yüksekte kesildiğinden toplam sap ağırlığının ancak %70’i hasat edilmekte, toprakta kalan kısım çürüyerek toprağa karışmaktadır. Toplama, taşıma ve depolama gibi çeşitli işlemlerdeki kayıplar sonucu toplam sap ağırlığının ancak %49’u yem olarak kullanılmakta veya satılmak üzere elde edilmektedir (Uslu, 1995).

Dünyada toplanabilir buğday saplarının miktarı 580 milyon ton, pirinç samanı miktarı 320 milyon ton, arpa samanı miktarı 150 milyon ton, şeker kamışı miktarı 80 milyon ton, yulaf samanı miktarı 60 milyon ton, cavdar samanı miktarı 40 milyon ton, kamışlar 30 milyon ton, bambu 30 milyon ton, mısır ve süpürge darısı sapları 900 milyon ton ve pamuk sapları 70 milyon ton olarak tahmin edilmektedir (Uslu, 1995).

Tarımsal artıkların bir hektar başına toplanabilir sap miktarları Çizelge 1.5’de verilmiştir (Atchinson, 1973).

Çizelge 1.5 Tarımsal artıkların bir hektar başına toplanabilir sap miktarları.

Hammadde	Toplanabilir sap miktarı (ton/ha)
Buğday	2.0 - 2.8
Cavdar	1.2 - 1.4
Arpa	1.2 - 1.4
Pirinç	1.2 - 1.4
Yulaf	1.2 - 1.4

Bilindiği gibi, Türkiye önemli tahıl üreticisi ülkelerden birisi olup özellikle buğday sapları üretimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. İstatistiksel verilere göre ülkemizdeki toplanabilir buğday saplarının miktarı 25-30 milyon ton olarak belirtilmektedir (Eroğlu,1980).

Bu araştırmada materyal olarak kullanılan buğday türü; *Triticum aestivum* L. hekzaploid (kromozom sayısı $2n=42$) grubunun çıplak daneli formlarının en önemli türü olup, bugün ekonomik değeri olan buğdayların 1/4’ünden fazlası bu türe aittir. Başakları sırttan basık, başakçıklar başak eksenini üzerinde seyrek

olarak dizilmiştir. Kılçıklı, kılçıksız yada kısa kılçıklı çeşitleri bulunmaktadır. Kavuzları beyaz, siyah ve kahverengi olan çeşitleri bulunmaktadır. Yeni çeşitlerde boylar 100 cm, eskilerde ise biraz daha yüksek olabilir (Eroğlu, 1980).

1.4.1.1 Buğday saplarının çeşitli morfolojik kısımları

Buğday sapları boğum arası (internod), boğum, yapraklar, başak eksen ve kavuz'dan oluşmak üzere 5 esas morfolojik kısımdan oluşmaktadır. Lif özellikleri ve kimyasal bileşenleri farklı olan bu kısımların ağırlık olarak oranlarının bilinmesi yararlıdır. Çünkü, boğum arası ve yapraklar daha kolay liflerine ayrılmakta, buna karşılık boğumlar yalnızca yumuşayarak elek atığının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Boğum arası ve yapraklar daha uzun lifli olup lif levha yapımına daha elverişlidir. Kimyasal bileşenleri yönünden ise, özellikle yapraklar ve kavuzlar yüksek oranda kül ve silikatlar içermektedir. Morfolojik kısımların oranları buğday türü ve çeşidi, varyetesi, ekolojik koşullar, toprak seviyesinden biçme yüksekliği gibi etkenlere bağlı olarak değişebilir (Eroğlu, 1980).

Buğday sapları, morfolojik ve anatomik yapıları yönünden odundan tamamen farklı bir yapıya sahiptir. Liflendirmenin ilk aşamasında, kimyasal maddeleri absorbe edecek olan yüzey alanı odun yongalarından çok daha büyüktür. Buğday saplarında, liflendirme sırasında çözeltinin absorpsiyonu yalnız boyuna yönde değil her yönde olmaktadır. Ancak, absorpsiyon hızı büyük ölçüde sıcaklığa ve kimyasal maddenin konsantrasyonuna bağlıdır (Eroğlu, 1980).

1.4.2 Lifler Hakkında Genel Bilgiler

Lif; ligno-selülozik maddelerin (odun ve diğer bitkisel hammaddeler) liflendirilmesi ile elde edilmektedir.

1.4.2.1 Lifsel madde

Bitkilerin hücre çeperlerinde bulunan selüloz kağıt hamuru üretiminde kullanılan esas maddedir. Selüloz çok sayıdaki D-glikoz yapı elemanlarının zincir şeklinde birbirlerine bağlanması sonucu oluşan bir polisakkarittir. Selülozun kopmaya ve gerilmeye karşı dayanıklılığı selüloz zincirinin uzunluğuna bağlı olup, uzadıkça artmaktadır. Lifsel hammaddeler liflendirme yöntemlerinin herhangi birine tabi tutulduklarında hücreleri bir arada tutan lignin ayrışarak hücreler bireysel hale getirirler. Elde edilen maddeye genel olarak lifsel madde denir (Bostancı,1987).

1.4.2.2 Liflerin sınıflandırılması

Bir lifsel hammaddenin Lif levha yapımında kullanılmadan önce morfolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bir lifsel madenin lif uzunluğu, lif genişliği, çeper kalınlığı, lümen çapı, lif çeper alanı ve lif enine kesit alanı gibi morfolojik özellikleri önceden bilinmesi ve kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bir ön fikir vermesi için ölçülmektedir. Bu sebeplerden lifler değişik yöntemler kullanılarak sınıflandırılmışlardır. Bu sınıflandırmalar aşağıda verilmiştir (Bostancı,1987).

Keeleşme Oranı

Lif uzunluğu/Lif genişliği şeklinde ifade edilen keçeleşme oranında lif uzunluğu bağıntıyı olumlu yönde etkilemektedir. Uzun liflerden elde edilecek olan lif levhaların keeleşmeleri daha iyi olacağı açıktır. Uzun lifler kağıt ve izolasyon lif levhaları için daha uygun, kısa lifler yüzey düzgünlüğü nedeniyle MDF için uygundur (Bostancı,1997).

Elastikiyet Katsayısı

Lümen apı x 100 / lif genişliği eşitliğinden hesaplanmakta ve liflerin yassılaşması ve kaynaşması bakımından, eğilme için önemlidir. Lifler elastikiyetlik bakımından 4 gruba ayrılmaktadır. Elastikiyet katsayısı 75’den büyük olan lifler, elastikiyet katsayısı 50-75 arasında olanlar, elastikiyet katsayısı 30-50 arasında olan lifler ve elastikiyet katsayısı 30’dan küçük olan liflerdir. Bu sınıflama ile hangi liflerin hangi amaçlar için uygun olacağı tesbit edilmektedir (Bostancı,1987).

Katılık katsayısı

Lif eper kalınlığı / Lif apı şeklinde hesaplanır. Bu katsayı doğrudan hücre çeper kalınlığı ile ilgili olup orantı sonucunda elde edilecek rakamın büyüklüğü kağıtın fiziksel direnç niteliklerinin düşük olacağı, özellikle de patlama ve kopma direncinin düşük olacağı anlamını taşır. Kağıt için yırtılma direnci, lif levha için yassılaşma özelliği bakımından önemlidir (Bostancı,1987).

Runkel sınıflaması

Lif çeper kalınlığı x 2 / Lümen çapı bağıntısından elde edilen sonuca göre 3 gruba ayrılır.

- a) $2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} > 1$ olan kalın çeperli lifler,
- b) $2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} = 1$ olan orta kalın çeperli lifler,
- c) $2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} < 1$ olan ince çeperli lifler (Bostancı,1987).

İnce çeperli lifler daha iyi yassılaşıp ve kaynaşırlar, kalın çeperli lifler silindirde olduğu gibi yapışma yüzeyi azdır ve iyi kollapse olmaz.

Muhlstep sınıflandırması

Lif çeper alanı x 100 / Lif enine kesit alanı olarak ifade edilmektedir. Bu oran büyüdükçe liflerin yassılaşması kolaylaşıp temas alanı artacağından direnç özelliklerine olumlu etki yapmaktadır (Bostancı,1987).

“F” faktörü

Lif uzunluğu x 100 / çeper kalınlığı olarak ifade edilen F faktörü oranının yüksekliği, böyle liflerden elde edilecek kağıtların esnekliklerinin iyi olacağını belirtir (Bostancı, 1987).

1.4.2.3 Lif mukavemetinin lif levha özellikleri üzerine etkisi

Lif çekme mukavemeti kağıt ve levhanın çekme direncinin iyileştirilmesi için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir. Aslında, bu etki oldukça sınırlandırılmıştır. Bireysel liflerin çekme dayanımı çok yüksek olsa bile bir kağıt

safihasının veya bir lif levhanın yapısal oluşumunda sadece küçük bir etkisi olmaktadır (Mark, 1967).

Lif levha ve kağıdın mukavemeti lifler arasındaki toplam yapışma alanının artırılması ile yani liflerin üst üste binme uzunluğunun artması ile iyileşmektedir (Page et al., 1962).

Düşük ve orta yoğunluktaki lif levhalarda lifler arasındaki üst üste binen lif uzunluğu az olduğundan mukavemet dirençleri düşük olmaktadır. Yüksek yoğunluklu lif levhaların mukavemet değerlerinin yüksek olması liflerin bireysel özelliklerinden değil lifler arasındaki temas alanının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Jones, 1960).

1.4.2.4 Lif morfolojisi

Lif uzunluğunun kağıdın yırtılma direncine etkisi çok büyüktür. Liflerin boyu uzadıkça yan yana gelen iki lif arasındaki yapışma alanının artması ile yırtılma direnci de artmaktadır (Dadswell and Watson 1962).

Hücre çeperi kalınlığı odunun spesifik yoğunluğu ile direkt ilişkilidir. Eğer hücre çeperi ince ise kolaylıkla kollaps'a uğrayabilirler. Bu da esnekliği artırır. Katlanma direnci ve safiha yoğunluğu yüksek olur. Eğer, hücre çeperi kalın ise lifler kolaylıkla kollaps'a uğramaz, levha katlanma direnci ve levha yoğunluğu azalır (Jayme, 1962).

Lifler bireysel hale getirildiklerinde henüz silindirik formlarını korumaktadırlar. Bu durumda tutkallanan lifler presleme sırasında birbirine sıcaklık ve basınç altında yapıştırılmaktadır. Kollapsa uğramayan lifler birbirine iki silindirin yanyana getirildiğindeki temas alanı kadar yapışma yüzeyi oluşturmaktadırlar. Bu durum levha mukavemetini azaltır. Kolaylıkla kollapsa uğrayabilen liflerin silindirik formu yassılaşılarak temas yüzeyi artmaktadır. Toplam yapışma alanı arttığından levha mukavemeti de artmaktadır. Yüksek yoğunluktaki ağaç odunları yüksek yoğunlukta hamur verirler. Düşük yoğunluktaki hamurlar düşük yoğunlukta hamur verirler. Lif levha yoğunluğu pres sırasında keçenin sıkışık veya gevşek olması ile belirlenmektedir. Lif uzunluğu levha düzleminde su absorpsiyonu ve desorpsiyonu nedeniyle meydana gelen boyutsal değişmelere etki etmekte olup lif boyu uzadıkça azalır (Suchland and Woodson, 1986).

Pinus taeda ile yapılan bir çalışmada odun özgül ağırlığının mekanik özellikler üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir (Nelson, 1976).

1.4.3 Katkı Maddeleri ve Yapıştırıcılar

Lif levha üretiminde oluşan kimyasal reaksiyonlar liflendirme ünitesinde başlayıp sıcak preste tamamlanmaktadır. Fakat, klimatize işlemi uygulanan levhalarda klimatizasyon sırasında preste başlayan reaksiyonların bazıları sıcaklığın etkisi ile devam etmektedir.

Liflendirme ünitesinde ilk olarak hidroliz reaksiyonları başlamaktadır. Hidroliz reaksiyonu kimyasal bir reaksiyon olup bileşiklere su katılması ile tamamen yeni ve farklı bileşiklerin oluşmasıdır. Hidrolizle bileşenlerin zincir uzunluğu kısalır veya ağırlıkları azalır. Bunun sonucu olarak çözünürlük artmaktadır. Asit katalizörlüğünde oluşan asit hidrolizi ile hemiselülozlar büyük oranda ayrışmaktadır. Hemiselülozların hidrolizi ile hamur verimi azalır ve atık suyuna çözünebilir şekerler katılır.

Kondenzasyon iki veya daha fazla molekülün su çıkışı ile oluşturduğu bir kimyasal reaksiyon olup, hidroliz reaksiyonunun tersidir. Kondenzasyon reaksiyonları lif levha üretiminde fenolik reçinelerin polimerizasyonunu sağlayarak lifleri yapıştırır. Bu reaksiyon yüksek sıcaklıkta lifler arasında üç boyutlu ağ şeklinde devamlı bağlar oluşturmaktadır. Benzer kondenzasyon reaksiyonu sıcak preste odun hücresi bileşenleri arasında yapıştırıcı kullanmadan oluşmaktadır. Bu yüzden, kondenzasyon reaksiyonları hem yaş yöntemle ve hem de kuru yöntemle MDF üretiminde önemlidir.

Piroliz reaksiyonları odun bileşenlerinin sıcaklıkla bozulmasıdır. Bu reaksiyonun sonucunda odun ağırlık kaybına uğramaktadır. Piroliz reaksiyonları en fazla hemiselülozları etkilemektedir. Çünkü, odun bileşenleri arasında stabilitesi en zayıf olan hemiselülozlardır. Lif levha endüstrisinde sıcaklık 300°C'yi geçmez. Bu yüzden selüloz pirolize uğramaz. Lignin 150°C'nin altında kademeli olarak ayrışır. Lif levha endüstrisinde sıcak pres ve klimatize işlemi sırasında piroliz

reaksiyonları oluşmaktadır. Hemiselülozlardan uzaklaştırılan pirolitikler higroskopik olduklarından levhaların su absorpsiyonu azalmaktadır (Topf, 1971).

Hiç bir muamele görmemiş odun hafif asidiktir (Stamm, 1964). Rafinörlerden gelen lifin pH'sı genellikle 4'den büyüktür. Lif levha üretiminde yapıştırma işlemi sırasında pH kontrolü oldukça önemlidir. Kimyasal maddeler lif levhalara farklı nedenlerden ilave edilmekte olup, bunlar;

1. Asit kontrolü,
2. Suyu karşı direnci arttırmak
3. Lif bağlarını güçlendirmek veya arttırmak
4. Üretim kontrolü (köpüklenmeyi ve atıkları kontrol için)
5. Lifleri çürüme, böcek ve mantar zararlılarından korumak
6. Yanmaya karşı korumak
7. Renklenmeyi önlemek

amaçlarıyla kullanılmaktadırlar. Bunlardan ilk 4'ü genel amaçlı lif levha üretimi için kullanılmaktadır.

Lif levha ürünleri farklı miktar ve oranlarda kimyasal madde ilavesine ihtiyaç göstermektedir. Bu miktarlar öncelikle talebe ve kullanılan üretim teknolojisine bağlıdır. Bir levhada toplam yapıştırıcı miktarının yüksek oranda olması önemli olmayıp, uygun yapıştırıcının doğru kullanılması önemlidir.

Tutkallama (iç yapıştırma) işleminde liflere uygun kimyasal maddeler de ilave edilerek yapıştırıcıların lifler üzerine çöktürülmesi sağlanır ve lifler arasında çözelti penetrasyonunu artırır (Cobb and Swanson, 1971).

Kağıt ve levha üretiminde yapıştırıcı katılmasının temel amacı liflerin bireysel olarak yüzey enerjisini düşürebilecek katkı maddeleri ile çevrelenmesini sağlamaktır. Bu işlemin sonunda kağıt ve levhalar hirofob özellik kazanmaktadır. Bunun sonucu olarak çalışma önlenerek boyutsal stabilizasyon sağlanmış olur. Bu yüzden, kağıt üretiminde kullanılan yapıştırma işleminin lif levha üretimine uygulanması kolaydır. Çünkü lif levha üretiminde de yapıştırıcıların dışında kalan diğer kimyasal maddelerin katılmasının amacı levhalardaki lineer genleşme, kalınlığına şişme, yüzey deformasyonları ve direnç kayıpları liflerin su alıp şişmesi sonucu olmaktadır.

Bütün yaş sistemlerde yapıştırıcı ilavesi iki aşamalı olarak uygulanmaktadır. Birinci aşamada su lifler ile yapıştırıcıların karıştırılmasına ortam sağlamak için kullanılır. İkinci aşamada ise yapıştırıcılar lifler üzerine çöktürülerek kimyasal manada bağlanmaları sağlanmaktadır. Kuru yöntemlerde yapıştırıcılar direkt olarak liflere diğer katkı maddeleri ile birlikte verilmektedir.

Lif levha üretiminde lignin potansiyel olarak bulunan en önemli yapıştırıcıdır. Yaş yöntemde sıcak preseleme ile lignin plastikleşerek bağ oluşturmakta ve başka yapıştırıcı ilavesine gerek duyulmadan yapışma sağlanabilmektedir. Yaş yöntemde lignin bağları ve hidrojen bağları esas yapıştırıcı olarak rol oynamaktadır. Yaş yöntemde fenol veya diğer yapıştırıcılar ilave sağlamlık ve özellik elde etmek için katılırlar. Çizelge 1.6'de lif levhalarda bağ tipleri verilmektedir (Suchland and Woodson, 1986).

Çizelge 1.6 Lif levhalarda bağ tipleri (Suchland and Woodson, 1986).

Yöntem	Ürün	Esas bağlanma	Sekonder bağlanma
Yaş	İzolasyon levhası	Hidrojen Bağı	Nişasta, asfalt
	S1S Masonit	Lignin Bağı	--
	S1S	Lignin Bağı	Fenol, kuruyan yağlar
	S2S, MDF	Lignin Bağı	Termoplastikler, kuruyan yağlar
Kuru	S2S	Fenol	--
	MDF	Üre	--

Kuru yöntemde yapıştırıcı tüketimi yaş yöntemden daha fazladır. Kuru yöntemle sert lif levha üretiminde standart tutkal fenol formaldehit reçinesidir. Kuru yöntemle MDF üretiminde temel olarak üre formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Lif levha endüstrisinde birçok organik yapıştırıcı denenmiş ve patenti alınmıştır (Wilke, 1942).

Bunlar nişasta, kazein, hayvansal tutkallar, lateks, tanen gibi yapıştırıcılardır. Bunlardan sadece nişasta bugün endüstriyel öneme sahip bulunmaktadır.

Tutkallar ve kuruyan yağlar sadece lifleri bağlamakla kalmaz aynı zamanda yapıştırma etkisi de yapmaktadır. Bu yapıştırma etkisi sadece lif yüzey modifikasyonuna uygun olmayıp fenolik reçinelerin kullanılması durumunda da şişmeyi engeller. Liflerin reçine ile emprenye edilmesi ile şişme tamamen engellenebilir (Brown et al., 1966; Fahery and Pierce 1973).

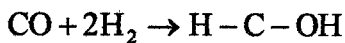
Fakat, endüstride standart sert lif levha üretiminde ekonomik olmayabilir. Normal fenolik reçine oranı yaş yöntemle sert lif levha üretiminde %1-2 kadar olup, kuru yöntemle sert lif levha üretiminde ise bu oran %5-6 ve bunun üzerindedir. Çoğu

direnç özelliklerinde ve sorpsiyon karakteristiklerinde tutkal miktarının %3'ün üzerindeki oranlarda kullanılması durumunda çok fazla değişiklik olmaz. Üreli tutkallar kullanılmış kuru yöntemle üretilen MDF'lerde yüksek yapışma için bu oran %8-11'dir (Suchland and Woodson, 1986).

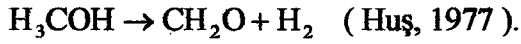
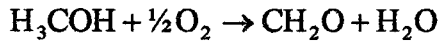
1.4.3.1 Üre formaldehit tutkalı

Ağaç malzeme tutkalı olarak en çok kullanış yeri bulan sentetik bir tutkal çeşididir. Üre-formaldehit reçinesi kaplamacılıkta, yonga ve lif levha yapımında, daldırma suretiyle yapılan sayfaların yapımında soğuk ve sıcak yapıştırma yöntemlerine göre kullanılmaktadır. Ayrıca, özel amaçlar için kazein, kan albümini, Polyvinilacetad (PVC-tutkalı) melamin reçineleri ve nitro selüloza katılmak suretiyle karışık tutkallar şeklinde de kullanılmaktadır (Huş, 1977).

Üre formaldehit tutkalı, üre ile formaldehitin kademeli bir şekilde kondenzasyonu sonucu sıvı ve kuru şekilde elde edilebilmektedir. Bunun için pH değeri 5 olan sulu bir çözeltide 1 mol üre için 1.5-2 mol formaldehit karıştırılmakta, çözeltinin pH değeri sıcaklığına bağlı olarak reaksiyon hızı ayarlanmaktadır. Formaldehit metanolden elde edilir. Metanol ise metanol sentezi yoluyla ana hammadde olan kömür, oksijen ve hidrojenden kazanılmaktadır (Huş, 1977).

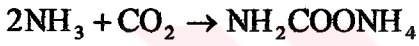


Formaldehit, metanolden aynı zamanda yapılan katalitik oksidasyon ve hidrilleme yoluyla elde edilmektedir.



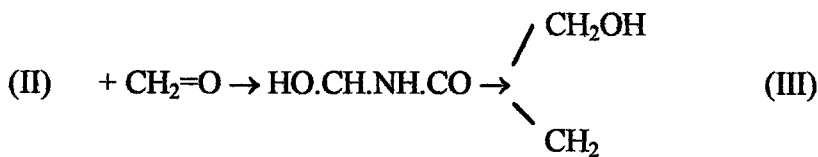
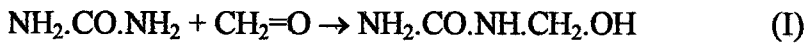
Üre ise renksiz, kokusuz suda kolay çözünebilen kristalin bir bileşik olup %100' lük sıvı amonyakın sıvı karbondioksitle birleşmesi sonucu elde edilir.

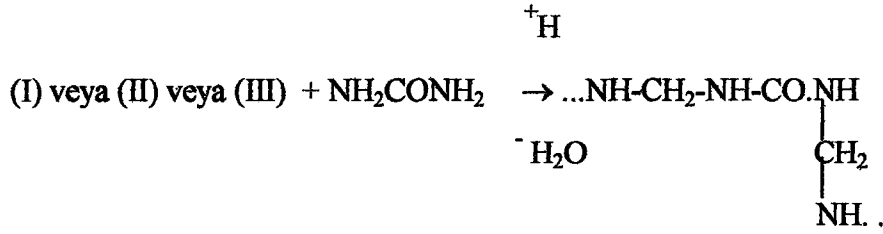
Ürenin oluşması sırasında ara ürün olarak Amonyum karbaminat meydana gelir. Buna fazla miktarda amonyak ilave edildiğinde su ayrılarak üre elde edilmektedir.



Üre formaldehit tutkalı üç kademeli bir reaksiyon sonucu oluşur.

1. kademede formaldehit ile üre bir adhezyon reaksiyonu sonucunda birleşir.
2. kademede sertleştirici maddelerle sıcaklığın etkisi sonucunda meydana gelen üre ve formaldehit birbiriyle kondanse olur. Bu iki kademenin formülü şöyledir:





3. kademedeki sertleştirici maddenin alkali ile nötrleşmesi yoluyla kondenzasyon reaksiyonu durdurulur. Bu işlem pH'yı 7-7.5 arasında tutmak amacıyla yapılır. Böylece, meydana gelen sulu dispersiyondaki katı madde miktarı %65-72 arasındadır. Viskozite; tutkalın kullanılış maksadına göre 200-300 (cps)'dir (Huş, 1977).

Üre formaldehit liflere selüloz zincirlerinin (OH-) grupları ile bağlanır. Dispersiyonun sulu olması ve polar olması özelliği ile lifleri iyi ıslatır.

Genellikle sertleştirici olarak; düşük konsantrasyonlu asit veya asit oluşturabilen maddeler (Amonyum sülfat, Amonyum klorür), dolgu maddesi olarak bazik ve asidik reaksiyon vermeyen, mineral kökenli alçı, kaolin gibi maddeler ve yapıştırma gücüne sahip un, nişasta, suda çözünen selüloz gibi maddeler kullanılmaktadır.

Pres basıncı levhanın özgül ağırlığı ve poly-kondenzasyon süresine bağlı olarak 10.2-30.6 (kg/cm²) arasında değişir. Pres süresi kullanılan katalizörün tepkisi, pres sıcaklığı ve levha kalınlığına bağlıdır. Tutkalın sertleşmesi için levhanın orta kısmındaki sıcaklığın en az 100 °C olması gerekir. Levhaların ortasında bu sıcaklığı elde etmek için dış tabaka sıcaklığı 150-180 °C olmalıdır (Huş, 1977).

1.4.3.2 Fenol formaldehit tutkalları

Fenol reçineleri kaplama ve kontrplak sanayii ile oduna şekil ve biçim veren mobilya sanayinde, odun ve metalin yapıştırılmasında, yonga levhaların üzerine metal levhaların kaplanması, odun ile sentetik maddeler ve sentetik maddelerle metalin birleştirilmesi suretiyle elde edilen malzemenin yapımında ve özel kağıt safihalarının imalinde kullanılmaktadır (Huş, 1977).

Fenol formaldehit tutkalı, fenol ile formaldehitin katalizörler yardımıyla kondenzasyonu ile elde edilmektedir. Ancak, reaksiyona giren fenol ile formaldehit oranları ve katalizör ortamının alkali ya da asidik olmasına göre, fenol formaldehit tutkalları iki sınıfa ayrılır.

(Formaldehit/fenol) < 1 olmak üzere fenol ile formaldehitin asidik katalizörler yardımıyla kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine "Novalak" adı verilmektedir. Novalak organik alkali çözücülerde çözünmekte olup kullanılacağı zaman paraformaldehit ile karıştırılmaktadır.

(Formaldehit/fenol) > 1 (1.5-2 civarında) olmak üzere fenol ile formaldehitin alkali katalizörlerle kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise "Resol" adı verilmektedir. Fenol ve formaldehit alkali çözeltilerde reaksiyona girdiklerinden pH değerinin çok yüksek olması gerekmektedir. pH değerini yükseltmek için çözeltiliye NaOH ilave edilir. Çözelti halinde hazırlanmış fenol formaldehit tutkalları bozulmadan en fazla 3-5 ay kadar saklanabilmektedir. Fenol

formaldehit tutkalı koyu renklidir. Suyu ve açık hava koşullarına karşı dayanıklı bir yapışma sağlamaktadır. Tutkala mum, parafin ve bitkisel yağlar gibi hidrofob maddeler katılabilir. Tutkallama sırasında lif rutubetinin %4-8 arasında olması gerekir. Fenol formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığı üre formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığından daha yüksek olup, lif rutubetinin %6'nın altında olması halinde 150 °C'den yüksek olmalıdır (Huş, 1977).

1.4.3.3 Resorsin formaldehit tutkalı

Bu tutkal özellikle sıcakta yapıştırma olanağı olmayan ve fenol-formaldehit ile yeteri kadar direnç elde edilemeyen örneğin gemi, kayık, kotra ve uçakların ağaç malzeme kullanılan kısımlarının tutkallanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, gerek sentetik gerekse kauçuk'un tekstil ve seramik malzemenin yapıştırılmasında kullanılır. Her türlü açık hava koşullarına, soğuk ve kaynar suya, asitlere ve çözücülere karşı çok dayanıklı bir tutkaldır. Pahalı olmasından dolayı kullanımı yaygın değildir (Huş, 1977).

1.4.3.4 Melamin formaldehit tutkalı

Melamin-formaldehit tutkalı, melamin'in formaldehit kondenzasyonu ile sertleşen bir tutkal çeşididir. Görünüşü, kimyasal tutumu ve kullanılış yeri bakımından üre-formaldehit tutkalına çok benzemektedir. Bununla beraber üre reçineleriyle karşılaştırıldığında bazı avantajlı yönleri bulunmaktadır. Bunlar:

1. Melamin reçineleri, 90-140 °C'ler arasında sertleştirici ilave edilmeksizin iyi bir yapışma sağlamaktadır.
2. Sertleşmiş olan tutkal tabakası, üre formaldehit reçinesine nazaran suya dayanıklı olmakla beraber hava koşullarına karşı onun kadar dayanıklı değildir.
3. Işığa karşı dayanıklılığı çok iyidir.
4. Melaminin üre reçinelerine göre dayanma süresi daha kısadır.
5. Melamin reçineleri pahalı olduğundan katkı maddesi ilave edilmekte veya üre reçineleriyle karıştırmak suretiyle kullanılmaktadırlar. Sulu çözeltisinin dayanma süresi çok kısa olduğundan toz halinde satılmaktadır. Genellikle tabakalı ağaç malzeme üretiminde, kaplama kağıtlarının emprenyesinde ve film tutkallarının üretiminde kullanılır (Huş, 1977).

Melamin-formaldehit tutkalına %10-15 resorcin katılmak suretiyle sıcakta odun ile metal birbirine yapıştırılabilmektedir. Sınırlı bir dayanıklılık isteyen odun malzemenin tutkallanmasında üre-formaldehit ile takviye edilmiş melamin-formaldehit tutkalları kullanılmaktadır. Kağıt hamuruna melamin-formaldehit veya üre-formaldehit katılmak suretiyle elde edilen kağıtlar suya temas ettiğinde daha iyi mekanik bir direnç kazanmaktadır. Melaminden özel tutkallar da yapılmaktadır (Huş, 1977).

1.4.3.5 İzosiyanat tutkalı

Amino ve fenoplastik tutkallarda yapışma spesifik adhezyonla sağlanır. Halbuki, diizosiyanat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır. Rutubete

dayanıklılığı bakımından fenol formaldehit tutkalı ile eşdeğerdir. Açık hava koşullarında yapışma direnci fenol formaldehit tutkalından daha fazladır. İçerisinde su ve organik çözücü olmadığından tutkallama sırasında rutubeti arttırmaz. Temas sırasında metallere yapışmaktadır. Bu yüzden transport levhalarına ve pres saçlarına yapışma riski vardır (Huş, 1977).

1.4.3.6 Termoplastik tutkallar

Termoplastik tutkallar (Polivinil asetat, Polivinil klorür) ısıtıldığında her defasında yumuşayan ve soğutulunca sertleşebilen yapıştırıcılarıdır.

Polivinil asetat tutkalı, bir polimerizasyon tutkalı olup, yapışma özelliği daha çok fizikseldir. Endüstride beyaz tutkal diye adlandırılan emülsiyon durumundaki polivinil asetatın ana maddesi vinilasetattır (Huş, 1977).

Soğuk olarak kullanılabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu, kullanıldığı yerlerde leke oluşturmaması, ahşap malzemenin işlenmesi sırasında bıçakların ve testerelerin körlenmemesi bakımından tercih edilebilir. Ancak, mekanik direnci sınırlı olup sıcaklık yükseldikçe yumuşamakta ve 70 °C'nin üzerine çıkıldığında yapıştırma bağları zayıflamaktadır. Suya karşı dayanıklılığını arttırabilmek için bir miktar etilen-glikol ilave edilir.

Tutkal emülsiyonu pH değeri 4-6 kadar olup, asit karakterlidir. Tutkalın sertleşme süresi için bileşimi ve hazırlanma ortamının sıcaklığına göre değişmekle beraber 5-15 dakikadır.

Bu tutkallar yonga levha üretiminde tek başına veya üre formaldehit ya da fenol formaldehit ilave edilerek kullanılabilir. Sıcaklık etkisi ile kolayca deforme olduklarından yonga levha endüstrisinde önem arz etmemektedirler (Huş, 1977).

1.4.3.7 Hayvansal tutkallar

Bu grupta soğuma ile yapışma sağlayan hayvansal tutkallar, iç kimyasal reaksiyonla yapışma sağlayan kazein, sıcakta sertleşen kan albümini gibi tutkallar ve tanen, sülfat atık suyu, soya fasulyesi tutkalı ve nişasta gibi bitkisel yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Günümüzde bunlar arasında sadece nişasta endüstriyel önem arz etmektedir (Huş, 1977).

1.5 MDF LEVHALARI ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

MDF levhaları üretiminde değişik fabrikasyon ve lif üretim teknikleriyle farklı makineler kullanılmakla birlikte ana üretim hattı değişmemektedir. Kabuk soyma ve yongalamadan sonra yongalar liflendirme ünitesinin besleme kısmına gelmektedir. Mantarlaştırma borusu yongaları sıkışık olarak buharlama kazanına taşır. Defibratör kazanına taşınan yongaların rutubetleri %40-45 arasında olmalıdır. Yongalar buhar kazanında 8-10 atmosfer basınç ve 170-180 °C sıcaklık altında yongaların cinsine bağlı olarak 4-6 dk. pişirilmelidir. Eğer yonga rutubeti %35'in altında olursa fazla ısı açığa çıkmaktadır. Reçine ve parafin katılan lifler kurutularak depolanmaktadır. Levha taslağı oluşturulduktan sonra ön preslemeye tabi tutulmaktadır. Bunu takiben sıcak preslerden geçen levhalar soğutulur,

kenarları düzeltilir, zımparalanır, boyutlandırılır ve sınıflandırma işleminden sonra paketlenerek satışa hazır hale gelir (Eroğlu, 1988).

1.5.1 Hammaddenin Hazırlanması

MDF levhaları üretiminde düşük değerli odunlar, sınıflandırma dışı yuvarlak odunlar, aralama kesimlerinden elde edilen odunlar, kereste endüstrisi artıkları, testere ve rende talaşları, ardaklanmış odunlar, kontrplak fabrikası artıkları ve yakacak odunlar kullanılabilir. Ağaç kalitesinin farklı olması levha kalitesini pek etkilememektedir. Yonga levha endüstrisinde düşük kaliteli odun kullanılmasına rağmen MDF levhalarına oranla daha kaliteli oduna ihtiyaç duyulmaktadır. Kontrplak endüstrisi ve kaplama endüstrileri kaliteli 1. sınıf oduna ihtiyaç duymaktadır. Etiket yonga levhalar ise kontrplakların yerine daha ucuz olması dolayısıyla geliştirilmiştir. Bu levhalar Kuzey Amerika'da kontrplakların yerine yaygın olarak kullanılmaktadır (Eroğlu, 1988).

1.5.1.1 Kabuk soyma

Sert lif levhalar için genellikle, cephe kısımlarında kullanılacak ince levhalar hariç olmak üzere, odun kabuğu soyulmaz. Bu ince levhalar için de genellikle kabuksuz biçme artıkları kullanılır. Ayrıca, soyma kaplama tesislerinden artan orta kısımlar iyi bir hammaddedir. Yüzeyleri parlak ve düzgün olması istenen izolasyon levhalarında da kabuksuz odun kullanılmaktadır. Ormanda kesilen ağaçların kabukları bazen soyularak ve hatta bazen yongalanmış halde fabrikaya

gelebilir. Genellikle odunlar fabrikalara kabuklu geldiğinden hemen soyulması ve mümkün olduğunca fazla kabuk uzaklaştırılması gerekmektedir. (Eroğlu, 1988).

Kabuk soymada kullanılan yöntemler ve makinaları şu şekilde sıralayabiliriz (Bostancı, 1987; Eroğlu, 1988).

1. Mekanik kabuk soyma makineleri,
 - a) Bıçaklı kabuk soyucular (knife debarkers),
 - b) Sürtünme ve aşındırma ile kabuk soyan makineler: Bunlar tamburlu aşındırıcı ve aşındırıcı kabuk soyucular olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır.
2. Hidrolik tipi kabuk soyucular,
3. Buhar patlaması ve kimyasal olarak kabuk soyma.

Kabuk soymadaki kayıplar kullanılan yöntem, o yöntem içinde kullanılan makineye, operatörün dikkat ve bilgisine bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle ağırlık olarak %7-10, hacmen %15 hammadde kaybı olur (Bostancı, 1987).

Kabuk soymada dikkat edilmesi gereken hususları şöyle sıralayabiliriz (Kollmann et al., 1975).

1. Soyma işlemi sürekli olmalıdır.
2. Eğrilikten doğan güçlükleri en aza indirmek için tomruklar dönmemelidir.
3. Mekanik çalışma işçilik giderlerini azaltır.

4. Mevsime ve ıslatma miktarına bakılmaksızın kabuk soyma oldun kaybı olmaksızın yapılmalıdır.
5. Enerji kullanımı etkili olmalıdır. Uygulamada bazı kabuk soyucular 2-3 kat daha fazla enerji harcayabilmektedir.
6. Yatırım masraflarının az olması ve mekanik güçlüklerden kaçınmak için kabuk soyma makinesi mümkün olduğunca basit olmalıdır.

1.5.1.2 Yongalama ve yongalayıcılar

Lif üretimini ve boyutlarını etkileyen en önemli hususlardan biri hammaddenin istenen boyutlarda yongalanmasıdır. Sıvılar odun içersine hem kapiler etkiyle hem de difüzyon yoluyla nüfuz etmektedir. Sıvı hareketini etkileyen en önemli husus yonga kalınlığı ve nem oranıdır. Yongalamanın amacı pişirme çözeltisinin oduna kolay ve üniform bir şekilde nüfuzunu sağlamaktır. Yani çözeltinin yonga içene nüfuzunun her yönden aynı olması istenmektedir. Mekanik lif üretim yöntemlerinde ise suyun oduna nüfuzunu kolaylaştırmaktır (Rydholm, 1965).

Yonga boyutları genellikle lif üretim yöntemine göre değişmektedir. Alkali çözeltielerde yonga içine nüfuz her yönde eşit olduğundan en kısa yol olarak yonga kalınlığı ölçülür. Nötral ve asit çözeltielerde ise nüfuz uzunluğuna yönde olduğundan yonga uzunluğu bir ölçüdür. Pratik uygulamalarda yonga kalınlığı 5-7 mm, yonga uzunluğu ise 40-50 mm'ye kadar çıkabilir. Çok az miktarda yonga 2 mm'den ince, 8 mm'den kalındır. Ortalama olarak uzunluk 15-25 mm, kalınlık

ise 2-4 mm arasındadır. İdeal yonganın uzunluğu 20-25 mm dolayında ve uzunluk dağılımının standart sapması 5 mm'den az olmalıdır (Eroğlu, 1988).

Yongalama sırasında odun kuru olduğunda yongalama zor olup enerji tüketimi, kırıntı ve toz miktarı artmaktadır. Bu nedenle, yongalama sırasında odun rutubeti %40-50 oranında olmalıdır (Eroğlu, 1988).

Yongalama makinelerini şu şekilde sınıflandırabiliriz (Eroğlu,1988; Bostancı, 1987).

1. Diskli yongalama makineleri,
2. Çevresel yongalama makineleri,
3. Konik diskli yongalayıcılar,
4. CCL yongalayıcılar.

Yongalama sırasında odunun yongalara ayrılması ve kesilmesi için bıçağın kesme kuvvetinin odunun direncinden fazla olması gerekir. Kesme yönü ve kesme kuvveti optimum yonga verimini etkileyen en önemli iki faktördür. Ayrıca, yongalama makineleri yapılırken odunun bıçakla yapacağı açının optimum verimi sağlayacak şekilde alınması gerekir. Odunun özgül ağırlığı arttıkça kesme kuvveti ihtiyacı da artmaktadır (Özen, 1979; Çehreli 1982; Eroğlu, 1988).

Yongalama makinelerinde yongalama işlemleri 3 kademede gerçekleşir. Bunlar; kesme, itme ve kırma etkileridir. Odunda kesme lif yönüne paralel yapılıyorsa

kesme kuvveti ihtiyacı en az, lif yönüne dik ise kesme kuvveti ihtiyacı en fazladır (Çehreli, 1982).

Buğday saplarının kesilmesinde saman kesme makinaları kullanılmaktadır. Bu makinalarla buğday sapları 8-10 cm boylarında kesilir ve bu şekilde liflendirme işlemine tabi tutulurlar.

Yongaların Depolanması

Günümüzde kağıt fabrikaları, lif levha fabrikaları ve yonga levha fabrikaları yongayı hazır almayı tercih etmektedirler. Bu tercihin en önemli avantajı ekonomik olmasıdır. Yonga depolama yuvarlak odun depolamadan çok daha kolay ve ekonomiktir. Daha yoğun bir depolama sağlandığı için birim hacimde daha çok depolama sağlamaktadır. Dezavantajı ise kir ve yüksek oranda kabuk bulundurmaları durumunda depolama sırasında yongaların bozulma ve çürümeleri hızlandığından kontrolü zorlaşmaktadır (Suchsland and Woodson, 1986).

Yongalar genel olarak açık havada yığınlar halinde depolanır. Transportları mekanik veya pönomatik sistemle yapılır. Uzun taşıma sistemlerinde pönomatik sistem daha elverişlidir (Bryan, 1970).

Yongaların elenmesi

Yongalama makinalarından gelen yongaların hepsi liflendirme işlemi için uygun boyutlarda değildir. Bazıları ortalama yonga boyutlarından çok büyük ve bir kısmı da toz ve kırıntılar halinde bulunmaktadır. Eleme işlemi ile yongalar üç

kategoriye ayrılmaktadır. Büyük yongalar yeniden yongalama ünitesine gönderilir toz halinde bulunanlar ise yakma ünitesine gönderilir. Uygun boyutta olanlar üretime gönderilmek amacı ile yıkanma ünitesine gönderilir (Suchsland and Woodson, 1986).

Yongaların yıkanması

Bütün ağaç yongaları önemli oranlarda kabuk, sürgün, yaprak, kir ve kum içermektedir. Yaprak ve kabuk optimum ürün özelliklerine zararlıdır. Kir ve kumlar işleme sırasında ekipmanlara ciddi aşınma zararları vermektedir. Rafiner bıçaklarındaki aşınmaların birçok sebebinin kirli ve kum içeren yongalardan kaynaklandığı belirtilmektedir.

Kabuk, yaprak, kum ve diğer kirlerin önceden uzaklaştırılması bütün odun yongalarının başarılı kullanılması için gereklidir. Yongaların temizlenmesi için en pratik ve endüstriyel önemi olan yöntem yıkama ve elemedir. Bu işlem için Sunds Defibratör sistemi kullanılır. Sunds defibratörü metal, taş ve kum gibi magnetik ve magnetik olmayan yabancı maddeleri uzaklaştıracak şekilde dizayn edilmiştir. Bu sistemde hem yüksek yoğunluklu yongaların hem de düşük yoğunluklu yongaların yıkanması ve temizlenmesi mümkün olmaktadır (Suchsland and Woodson, 1986).

1.5.2 Lif Üretim Yöntemleri

Lif levha üretimi kağıt ve karton üretiminin bir sonucu olarak gelişmiş olup, teknik yönden kağıt sanayii ile büyük bir benzerliği vardır. Lif levha üretebilmek için ilk önce levha üretimine uygun bir lif hamuru elde edilmelidir. Bununla birlikte, lif levha sanayinde lif üretimi daha kaba yöntemlerle yapılmakta, ligninin uzaklaştırılması ya hiç olmamakta ya da çok sınırlı olmaktadır. Lif levha endüstrisinde kullanılan lif üretim tekniklerini şu şekilde sıralayabiliriz (Eroğlu, 1988).

1. Mekanik liflendirme yöntemleri.

- a) Taş mekanik lif hamuru,
- b) Rafinör mekanik hamuru,

2. Kimyasal mekanik yöntemler.

- a) Biffar değirmeni,
- b) Boja jung defibratörü,
- c) Bouer defibratörü,

3. Termal Mekanik Yöntemler.

- a) Masonit Yöntemi,
- b) Asplund defibratör yöntemi,
- c) Bouer defibratör yöntemi,
- d) Sprout waldron defibratör yöntemi.

Genel olarak liflendirme işlemleri iki kademede gerçekleştirilmektedir.

Hammaddenin yumuşatılması amacıyla su içinde bekletilmesi, yalnız sıcak su buharı ile pişirilmesi veya buharlanması, kimyasal maddelerle muamele edilmesi. Buradaki kimyasal işlemlerin çok daha ılımlı olduğu gibi kullanılan kimyasal madde de az olmaktadır.

Yukarıda belirtilen şekillerde yumuşatılan yonga veya tomrukların taşlı liflendiricilerde veya diskli rafinörlerde lif ve lif demetlerine ayrılması veya masonit yönteminde olduğu gibi buhar patlaması yoluyla lif ve lif demetlerine ayrılmasıdır.

Bu iki kademe sistem içinde aynı yerde (defibratörlerde) olduğu gibi ayrı ayrı yerlerde de (rafinörlerde) yapılabilmektedir. Lif levha endüstrisinde %80-90 defibratör yöntemi uygulanmaktadır (Eroğlu, 1988).

İsviçreli mühendis Arne ASPUND 1931 yılında odun yongalarının basınç altında sürekli liflendirilmesine olanak sağlayan Aspund Debibratör yöntemini bulmuştur. Bu yöntem odunsu hücrelerin orta lamelini bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165-200°C 'de eriyerek liflerin zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem dünyada özellikle Avrupa'da geniş olarak kullanılmaktadır. Yöntemin esası "termo-mekanik" liflendirmedir. Hammaddenin buharlanmasından sonra debibratör denen diskli rafinörde mekanik liflendirmes

yapılmaktadır. Uygulanan basınç (8-12) atmosfer ve sıcaklık (165-200 °C) masonit yönteminden daha düşük olduğundan hidroliz ile hammadde kaybı daha az olmakta, lifler daha açık renkli olmaktadır ve verim %90-93 dür (Eroğlu, 1988).

Defibratör yönteminde her türlü yapraklı ağaç ve ibrelili odunu, endüstri artıkları, şeker kamışı, saman, keten, kenevir, pamuk sapı, bambu gibi ligno-selülozik hammaddeler kullanılabilir. Defibratör yöntemiyle elde edilen lif hamuru yalıtım levhaları, sert lif levha, MDF, taban ve tavan döşemeleri, bazı kağıt çeşitleri imalinde kullanılabilir. Bu yöntemin diğer yöntemlerden üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz (Kollman, et al. 1975).

1. Sürekli bir lif üretimi vardır ve liflendirme süresi kısadır.
2. Enerji ve buhar tüketimi azdır. Örneğin; 1 ton kuru lif üretimi için 125-175 kws enerji, 640-770 kg/ton buhar tüketilmektedir. İşlem tam otomatik olduğu için 1 kişi iki makineyi kontrol edebilir.
3. Lif verimi yüksek olup %90-95 'dir.
4. Lif hamuru daha düzenli ve serbestlik derecesi yüksektir, dolayısıyla kolay süzülür.
5. Pratik olarak her türlü hammadde kolaylıkla kullanılabilir.

Defibratör ünitesi; yonga teknesi, besleme düzeni, sıkıştırma borusu ve mantarlaştırma kısmı, buharlama kazanı, transport sonsuz vidası, diskli rafinör, boşaltma düzeni, siklon ve buhar geri kazanma kısımlarından oluşmaktadır.

Masonit yöntemi 1926 yılında ABD'li William Horatio MASON tarafından geliştirilerek 1926 yılında endüstriyel olarak uygulamaya konulmuştur. Yöntemin esası buharın patlama gücünden yararlanarak odun yongalarını lif ve lif demetlerine ayırmaktır. Bu yöntemde uygulanan basınç ve sıcaklıkla odun plastikleşir, kısmen de olsa odunun hidrolizi sonucu formik asit, asetik asit gibi asitler oluşur. Hemiselülozlar en çok etkilenen fraksiyon olup heksoz ve pentozlara dönüşerek yıkama sırasında büyük ölçüde odundan ayrılırlar. Kabuk ve budaklar masonit yönteminde değerlendirildiğinden yongalamadan önce kabuk soyma işlemi yapılmaz.

Çelikten yapılmış ve silindir biçimindeki mason topunun çapı 50-60 cm, yüksekliği 150-180 cm, hacmi 0,28-0.50 m³ ve yaklaşık 120 kg yonga alabilmektedir. Yongaların üsten doldurulabilmesine imkan veren açılıp kapanabilen bir kapak vardır. Mason topu aralıklı olarak yongalarla dondurulur ve yan tarafta bulunan bir ya da iki adet buhar girişi yardımıyla içerisi buharla dondurulur. Mason topu içersindeki basınç 30 sn içerisinde 40 kg/cm² 'ye çıkartılır ve sıcaklığı 210 °C olan buhar sevk edilir. Bu zamanın sonunda buhar basıncı 80 kg/cm² 'ye çıkartılır ve sıcaklık da 285°C olur. Yongalar buhar doygunluğu ve basınç yönünden denge oluşuncaya kadar 5 sn bekletilir. Bu süre ağaç türü, yonga büyüklüğü ve nem miktarına bağlı olarak değişebilir. Sürenin 0,5 sn bile değişmesi sonucu etkileyebilir. Bundan sonra alt tarafında bulunan kapak açılır ve çok şiddetli bir patlama ile silindirin boşalması sağlanır. Boşalma sırasında genişliği yonga boyundan dar olan dikdörtgen şeklinde yarıkları bulunan

ızgara levhalardan 1000-1200 m/sn bir hızla dışarı itilen yongalar lif ve lif demetlerine ayrılırlar. Böylece görünümleri yosunu andıran lifler elde edilirler. Bünyelerindeki basınç ile atmosfer basıncı arasındaki fark çok büyük olduğundan, basınç farkının dengelenmesi sırasında yongalar liflerine ayrılırlar. (Eroğlu, 1988).

Mason topunu terk eden liflerin su buharı, siklon yardımıyla emildikten sonra lifler altta bir tekne içinde toplanırlar. Burada su ile karıştırılarak %3 konsantrasyonda lif hamuru elde edilir. Burada kaba lifler ayrılır ve tekrar liflendirmeye gönderilir. Süspansiyonun pH'sı oluşan organik asitlerin miktarına bağlı olarak 4,5 dolayındadır. Lif hamuru içersindeki kum ve yabancı maddeler temizlendikten sonra lif demetlerinden ibaret olan hamur liflendirilmek üzere rafinörlere gönderilir.

1.5.3 Lif Levha Üretim Yöntemleri

Çeşitli yöntemlerle elde edilen liflerin keçeleşme kabiliyeti lif keçesi formasyonu ve son levhanın sağlamlığı üzerine çok büyük ölçüde etki eder. Lif keçesinin oluştuğu ortamın özelliğine göre 3 farklı lif levha üretim yöntemi mevcuttur (Eroğlu, 1988).

1. Yaş Yöntem,
2. Yarı kuru yöntem,
3. Kuru yöntem.

Bu yöntemleri birbirinden ayıran en önemli etken levha taslağının oluşumu sırasında liflerin rutubet oranıdır. Bu oran yaş yöntemde %100, yarı kuru yöntemde % 12-45, kuru yöntemde ise %5-10 arasındadır. Diğer bir etken ise liflerin taşınması ve levha taslağının oluşumunu sağlayan ortamdır. Yaş yöntemde bu işlem su yardımı ile sağlanırken yarı kuru ve kuru yöntemde hava ve mekanik araçlarla sağlanır (Eroğlu, 1988).

Yaş yöntem: Bu yöntemde formasyon ortamı sulu süspansiyon olup %1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilerek ve mümkün olduğu kadar homejen lif dağılımı sağlanarak lif keçesi haline getirilir. Buradaki en önemli sorun üniform bir levha taslağı elde etmektir. Lifler devamlı olarak kümelenmeye meylettüğinden düşük konsantrasyon ve mekanik karıştırıcılar kullanılır. Yaş yöntemle elde edilen levhaların sadece bir yüzeyi düzgündür (Eroğlu, 1988).

Yarı kuru yöntem : Bu yöntemde levha taslağının oluşumu sırasındaki rutubet % 12-45 arasında değişmekte olup, levha taslağının oluşturulması hava yada mekanik araçlarla serme şekilleri kullanılır. Levha yapımında yapıştırıcılar kullanılmaktadır.

Kuru yöntem : Serme işleminden önce lifler % 5-10 rutubet kadar kurutulur ve life tam kuru ağırlığına oranla % 8 -11 arsında tutkal katılır. Bu yöntemde de

levha taslağının oluşumu hava yada mekanik serme ile yapılmaktadır. Levhaların iki yüzeyi de düzdür (Eroğlu,1988).

MDF levhaları üretiminde hem kuru yöntem hem de yaş yöntem kullanılmaktadır.

Levha üretim yöntemine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle levha taslağı oluşumuna geçmeden önce kaba liflerin ayrılması, konsantrasyon ayarı, liflerin inceltilmesi, levha sağlamlığını ve liflerin yapışmasını artırmak için tutkalların katılması, hidrofob özellik kazandırmak için parafin mum gibi katkı maddelerinin ilavesi, ve yangın, mikro-organizmalara karşı direnci artırmak için çeşitli kimyasal maddelerin katılması gerekmektedir (Eroğlu, 1988).

Yaş yöntemle tek tabakalı olarak üretilen MDF levhalarında % 1-3 oranında yapıştırıcı madde kullanılır. Bu levhaların özgül ağırlıkları $400 - 800 \text{ kg/m}^3$ arasında değişirken kalınlıkları ise 6-12 mm arasındadır.

Kuru yöntemle üretilen MDF levhaları ise daha çok yonga levha teknolojisinde olduğu gibi tek veya çok tabakalı olabilirler. Orta tabakada kaba lifler kullanılırken üst tabakada daha düzgün yüzey oluşturması için ince lifler kullanılmaktadır. Doğal olarak selüloz, lignin ve hemiselülozların oluşturduğu hidrojen bağları olmadığından % 8-11 oranından daha fazla yapıştırıcı madde kullanılır. Özgül ağırlığı $600-850 \text{ kg/m}^3$, levha kalınlığı 10-19 mm arasında değişmektedir (Eroğlu, 1988).

1.5.3.2 Liflerin kurutulması

Kuru yöntemde MDF üretiminde serme ortamı hava ve mekanik araçlar olduğundan lifler doğrudan kurutmaya alınırlar. Tutkal, parafin ve serleştirici maddelerin liflere sıvı halde püskürtülmesi ve lifler tarafından tutunabilmeleri için lif rutubetinin % 5-10 kadar olması gerekmektedir. Kurutma, ön kurutma ve son kurutma olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Ön kurutma liflendirme sırasında ve liflerin sıcak gaz ile siklona taşınması sırasında gerçekleşmekte olup defibratöre girişten önceki rutubetine bağlı olarak % 25-50 nem oranına kadar kurutulur. Son kurutmada pnömatik kurutuculardan yararlanılarak liflerin nem oranı % 5-10'a düşürülür. Kurutucunun içindeki sıcak hava kızgın yağ geçen borular arasında fan ile rüzgar yapılarak sağlanır.

Havanın hızı 20-30 (m/sn)'yi, sıcaklığı ise 170 °C'yi bulur. Liflerin kurutucu içinde kalma süresi 7 sn yi geçmemelidir. Hava lif karışımının oksijen miktarı %17'yi geçmemelidir. Bu sınırların aşılması durumunda yangın tehlikesi söz konusudur. Kurutma hattının sonunda bir siklon bulunmaktadır. Kurutucu girişinde sıcaklık 200 °C, çıkışında ise 118 °C'dir. Kurutulmuş lifler ise ara depoya gerek kalmadan tutkallama işlemine tabi tutulur (Eroğlu, 1988).

1.5.3.3 Kimyasal katkı maddelerinin ilavesi ve tutkallama

Çeşitli kimyasal maddeler lif levhalara istenen özellikleri kazandırmak ve kaliteli levhalar üretmek amacıyla katılmaktadır. Levhaların mekanik özelliklerini artırmak ve su alma kabiliyetlerini azaltmak için fenol, kresol, melamin ve üre esaslı bazı yapay reçineler kullanılmaktadır. Kuru yöntemle lif levha ve MDF levhaları üretiminde yaygın olarak % 8-11 oranında üre formaldehit reçinesi kullanılmaktadır. Levha üretiminde kullanılan yapıştırıcı miktarları Çizelge 1.7’de verilmiştir (Eroğlu, 1988).

Çizelge 1.7 Levha üretiminde kullanılan yapıştırıcı miktarları (Eroğlu, 1988).

Levha Çeşidi	Uygulanan Yöntem	Yapıştırıcı Oranı (%)
İzolasyon lif levhası	Yaş	0,0-1,0
Sert lif levha	Yaş	0,75-1,5
sert lif levha	Yarı Kuru	1,0-4,5
Sert lif levha	Kuru	8,0-11,0
MDF (Orta Sert Lif Levha)	Kuru	9,0-10,0
Yonga levha	Kuru	6,0-10,0

Tutkallama işleminde yonga levha endüstrisi için geliştirilmiş karıştırıcı tipli tutkallama makineleri kullanılmaktadır. Bunlar düşük hızlı tekne tipli karıştırıcılardan daha belirgin özellikler göstermektedirler (Knapp, 1971).

Kapalı bir kazan içerisinde dönen kolları bulunan karıştırıcının bir kenardan tutkal ve sertleştiricilerin püskürtüldüğü memelerden gelen tutkal liflere direkt

temasla ve liflerin birbirleriyle sürtünmesiyle homojen bir tutkallama işlemi gerçekleştirilmektedir (Suchsland and Woodson, 1986).

1.5.3.4 Liflerin serilmesi

Serme makinesine getirilen lifler salınımlı başlıklar tarafından serilirler. Ayrıca üzerinde serme yapılan eleğin altından vakum uygulanarak levha taslağının formasyonuna yardım edilir. Tek tabakalı levhalarda serme işlemi bir yönden yapılmaktadır. İ tabakası kalın dış tabakaları ince liflerden oluşan levhaların üretilmesinde ise iki serme makinesi arka arkaya ve zıt yönde kullanılmak suretiyle yapılmaktadır (Eroğlu, 1988).

1.5.4 Presleme

MDF retiminde kullanılan preslerin plakalarının ısıtılması buhar yada kızgın yağ yardımıyla olmaktadır. Kızgın yağ plakaların uçlarında bulunan ve plakalarla birlikte hareket eden borular yardımıyla verilmektedir. Soğuyan yağ ise plakaların diğer ucundan hareket edebilen borularla kazan dairesine gönderilmektedir. Pres plakaları levha taslağını istenen sıcaklığa kadar ısıtarak tutkalın sertlemesini ve taslağın istenen kalınlığa kadar sıkıtırılmasını sağlamaktadır. Levha taslağının istenen kalınlığa getirilmesi kalınlık çıtaları yardımıyla sağlanmaktadır. Genel olarak presleme süresi 4-9 dk. arasında değişmektedir. Pres sıcaklığı levha kalınlığına bağlı olarak 150-200 °C arasında değişmekte, pres basıncı 50 kp/cm² kadardır (Eroğlu, 1988).

1.5.4.1 Ön pres

Kuru ve yarı kuru yöntemde ön pres, sıcak preslemede presin kapanması sırasında taslağın yapısını bozmaması için gereklidir. Levha taslağının kalınlığı odun cinsine, liflerin serbestlik derecesine ve % 5 nem oranındaki elastik davranışına bağlı olarak değişir. Serme kalınlığı, levha kalınlığının yaklaşık 20 katıdır. Levha taslağının taşınabilmesi için yeterli sağlamlığı kazanması gerekir. Ön presleme sonucunda taslak kalınlığı, 1/3'ü oranında azalmaktadır. Ön presleme işleminde büyük çaplı bir silindir tarafından taslak üzerine $180 \text{ (Kp/cm}^2\text{)}$ 'lik bir basınç uygulanır. Ön presten sonra daha düzgün bir yüzey elde etmek için taslağın üst yüzeyine çok ince liflerden oluşan bir lif tabakası daha serilir. Ön presten çıkan levha taslağı sonsuz bant şeklindedir. Levha taslağı standartlara uygun olarak belirli bir pay verilerek yanları kesilir. Levha taslağının enine bölünmesi, diagonal yerleştirilmiş daire testereler yardımıyla yapılır. Bant hızı ile testerenin diagonallik miktarı ayarlanarak düzgün ve aynı ölçülerde levha taslakları elde edilir (Eroğlu, 1988).

1.5.4.2 Sıcak pres

Kuru sistemlerde levha taslağının nem oranı %5-10 arasındadır. %5 rutubete sahip levha taslağına tek kademeli pres diyagramı uygulanır. Sıcak presleme sonucu elde edilen levhalar önemli özellikler kazanmaktadır. Bunlar;

1. Taslak nihai levha kalınlığına ulaşır.
2. Gerekli yapıştırma basıncı sağlanır.
3. Taslağın sıcaklığı, tutkalın sertleşme sıcaklığına ulaştırılır.
4. Basınç ve sıcaklık etkisiyle taslak, levha olacak şekilde yapıştırılır.

Pres sıcaklığı, basıncı ve süresi hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre belirlenir. Genellikle kuru yöntemde pres sıcaklığı ibreli ağaçlar için 180-220 °C, sert yapraklı odunlar için 230-260 °C arasındadır. Presleme süresi, hammaddenin türü, levha kalınlığı ve sıcaklığa bağlı olarak 100-300 (s) arasında değişebilir. Tek kademeli kuru yöntemde pres basıncı 60-70 (Kp/cm²) kadardır. Levha özgül ağırlığı arttıkça pres basıncıda artmaktadır. Günümüzdeki fabrikalarda çok katlı hidrolik presler kullanılmaktadır. Pres plakalarının ısıtılması sürekli ısıtılarak devir daim yapan kızgın yağ ile yapılmaktadır (Eroğlu, 1988).

1.5.5 Pres Sonrası İşlemler

Pres sırasında sıcaklık ve basınç etkisiyle tutkallar sertleşmekte ve levha taslağı levha haline dönüşmektedir. Levhaların sertleşmesi ve teknolojik özelliklerinin artması için tutkalların reaksiyonlarını bir süre daha devam ettirmesi gerekmektedir. Bunun için prestten sonra levhalar, bir süre daha sıcak hava ile muamele edilir. Bu işleme klimatizasyon (termik işlem) adı verilir. Termik işlem

ince MDF levhaları ve yüksek yoğunluktaki lif levhalara uygulanmaktadır. İzolasyon levhaları, kalın MDF'ler ve yonga levhalara termik işlem uygulanmaz (Suchsland and Woodson, 1986).

Levhalar, klima odalarına alındıklarında ortalama olarak 165 °C'de kuru hava ile muamele edilirler. Klimatizasyon işlemine 160-180 °C'de 3-6 (saat) devam edilir. Sıcaklık arttıkça levhaların hidrofobik özellikleri artar. Sıcaklığı daha da artırarak süreyi kısaltmak mümkündür. Sıcaklığın fazla artırılması yangına sebebiyet verdiği gibi levhaların mekanik özelliklerine olumsuz etkiler yapabilmektedir. Ancak, havanın dolaşım hızının artırılması gereklidir. Havanın hızı, sertleştirme süresi ve kimyasal değişim bakımından önemlidir. Türbülanslı hava ısı alış-verişini daha düzenli sağladığından tercih edilmelidir.

Termik işlemde kullanılacak havanın sıcaklığı levhaların maksimum sıcaklığından fazla olmamalıdır. Aksi halde ısı patlaması olduğundan yangına sebebiyet verir. Termik işleme bazı özel durumlarda preste de devam edilebilir. Ancak, pratikte pres kapasitesini düşüreceğinden tercih edilmez. Termik işlemin presin dışında klimatize odalarında yapılması pres süresini azaltıp, hızını artıracığından daha faydalıdır.

Levhaların klimatize işlemleri konveksiyon ve kontakt yöntemi olmak üzere 2 farklı şekilde gerçekleştirilir (Eroğlu, 1988).

1.5.5.1 Konveksiyon (taşıma) yöntemi

Bağıl nemi yüksek olan havanın levhalar arasında dolaştırılmasıyla yapılır. Konveksiyon yöntemi ile klimatizasyon işlemi; otomatik tesisler, yarı otomatik tesisler ve nemlendirme odaları olmak üzere 3 tesiste yapılmaktadır (Eroğlu,1988).

1.5.5.2 Kontakt (dokunma) yöntemi

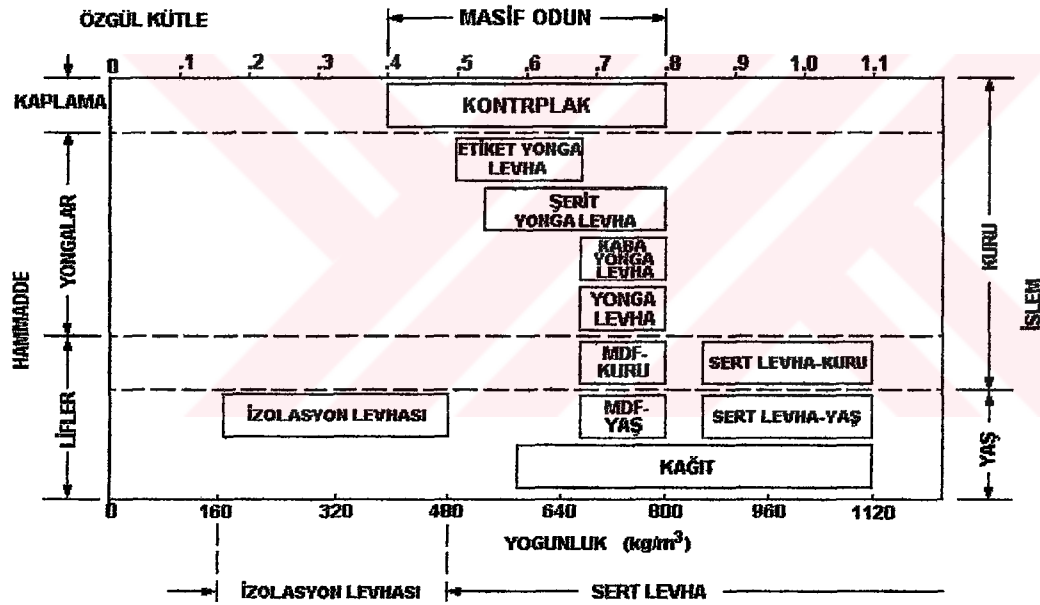
Nemlendirme silindirleri yardımıyla levha yüzeyine direkt su verilmek suretiyle yapılmaktadır (Eroğlu, 1988).

1.6 LEVHALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Odun hammaddesindeki azalmalar ve tüketimin hızla artması odun kompozitleri talebini de hızla arttırmaktadır. İki veya daha fazla hammaddenin bir arada kullanılması imkanı olduğundan, üretimdeki hammadde esnekliği hızla gelişmelerine yardımcı olmaktadır. Diğer yandan, teknolojinin ilerlemesi kompozitlerin kullanım sahasının yayılmasını hızla genişletmektedir. Bugün kullanılan ligno selülozik malzemenin %70'i kompozit halinde kullanılmaktadır. Bunlar, değişik yapıştırıcılar kullanılması ile daha da yaygın kullanıma sahip olmaktadır. Odun kompozit ürünleri lamineli kirişler, etiket ve şerit yonga levha, kontrplak, laminasyonlu kaplama ürünleri, lif levha, yonga levha,

kaplamlar, kompozit kereste bileşenleri, kompozit matris bileşenler (Kontrtabla, ızgara tabla vs.)'dir (Marcin,1992).

Lif levhalar odun kompozitleri arasında en geniş hammadde kaynağına sahiptir. Her türlü yuvarlak odun, orman artıkları, kereste, mobilya, kaplama ve parke fabrikaları artıkları, yıllık bitkiler gibi ligno-selülozik hammaddelerin kullanılabilmesi lif levha endüstrisinin hızla gelişmesine ve yayılmasına neden olmuştur. Odun kompozit levhalarının özgül kütle ve hammaddeye göre sınıflandırılması Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Odun kompozit levhalarının özgül kütle ve hammaddeye göre sınıflandırılması (Suchsland and Woodson, 1986).

1.6.1 Lif Levhaların Sınıflandırılması

Lif levha yapımında liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliğinden yararlanılır.

Rutubete karşı direnci, sağlamlığı, ateşe ve çürümeye karşı dayanıklılığı artırmak

için yapıştırıcı maddelerle birlikte bazı kimyasal katkı maddeleri gerektiğinde katılabilmektedir. Hammaddeye özgü adhezyon kuvveti ile lif levha üretilebildiği gibi yapıştırıcı ve kaliteyi artıran kimyasal katkı maddeleri katılarak ve üretim sırasında sıcaklık ve basıncı değiştirerek üretilen levhalara istenilen özellik kazandırılabilir. Lif levhalar aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırılır (Eroğlu,1988).

- 1- Hammaddeye ve lif üretim yöntemine göre,
- 2- Lif keçesi oluşturma yöntemine göre,
- 3- Özgül ağırlıklarına göre (kg/m^3 veya g/cm^3),
- 4- Kullanım yerlerine göre yapılmaktadır.

Uluslararası ölçülere göre sınıflandırmada kullanılan en iyi kriter özgül ağırlık olup, lif levhaların özgül ağırlıkları $0.02\text{-}1.45 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ arasında değişmektedir (Eroğlu,1988).

Lif levhaları TS 64 (1973)'e göre özgül ağırlıkları esas alınarak üç gruba ayrılmışlardır.

- 1- Yumuşak lif levhalar: özgül ağırlıkları en çok $350 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ olan levhalar.
- 2- Orta sert lif levhalar: özgül ağırlıkları $350\text{-}800 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ olan levhalar
- 3- Sert lif levhalar: özgül ağırlıkları $800 \text{ (kg/m}^3\text{'den fazla olan levhalardır.}$

Orta yoğunlukta lif levhalar deyimi; termo-mekanik olarak üretilen liflerin kurutulduktan sonra % 9-11 oranında yapay reçine yapıştırıcı olarak ilave edilerek sıcak presleme ile elde edilen levhalardır. Kısaca kuru yöntemle üretilmiş ve özgül kütleleri 350-800 (kg/m³) olan levhalar anlaşılmaktadır (Eroğlu, 1988).

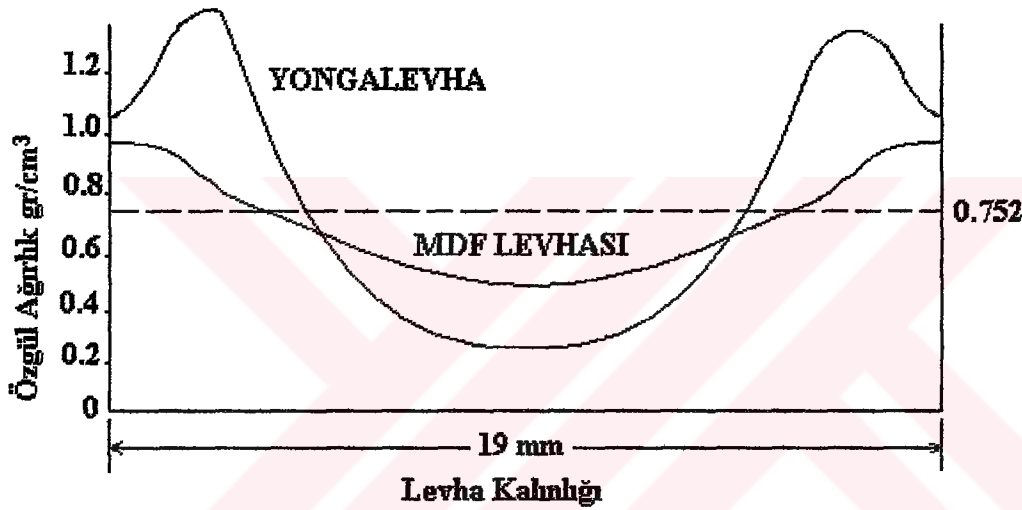
Lif levha üretimi, kağıt ve karton üretiminin gelişmesi ile ortaya çıkmış olup lif üretim yöntemleri aynıdır. Bu iki lif üretimini birbirinden ayıran en önemli faktör, kağıt üretiminde kullanılacak olan hamurun kullanım yerine ve özelliklerine uygun ağartma işlemlerine tabi tutulmasıdır (Eroğlu, 1988).

Lif levhalar yaş, yarı kuru ve kuru yöntemlerle üretilmektedir. Yaş yöntemde sıcaklık ve basıncın etkisiyle plastikleşen ligninin yeniden bağ oluşturması ile elde edilirler. Gerekliğinde dirençlerini ve hidrofob özelliklerini arttırmak için yapıştırıcı madde ve diğer kimyasal katkı maddeleri ilave edilir. Yarı kuru ve kuru yöntemlerde yapıştırıcı maddeler ve diğer katkı maddeleri kullanılmaktadır.

1.6.2 MDF ile Yonga Levhaların Teknolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması

MDF levhaların kullanım yerlerinde üstünlük sağlayan en önemli özelliği homojen yapısıdır. Kalınlık yönündeki homojenlik, kullanılan liflerin inceliğinden kaynaklanmakta ve pres teknolojisi de homojen bir özgül kütle profili sağlamaktadır.

MDF levhaların yonga levhalarına göre yapısı daha homojendir. Bu özellik levhaların kenar ve yüzeylerin frezelenmesini sağladığı gibi bir çok alanda masif odun yerine kullanılmasını sağlamaktadır. MDF levhalarında özgül ağırlık arttıkça eğilme direnci ve yüzeye dik yöndeki çekme direnci de artmaktadır. Bu artış yonga levhalarda daha az görülmektedir. MDF levhaları ile yonga levhaların kalınlık profili boyunca özgül ağırlık değişimi Şekil 1.2’de görülmektedir.



Şekil 1.2 MDF levhaları ile yonga levhaların kalınlık profili boyunca özgül ağırlık değişimi (Sitzler, 1981; Çehreli, 1984).

MDF levhalarının eğilme direnci Yonga Levhalara oranla oldukça yüksektir. Aynı şekilde yüzey tabakası kopma direnci de MDF levhalarında daha yüksektir. Bu fark yüzey tabakasındaki özgül ağırlığın fazla olmasından ileri gelmektedir. Yüzeye dik çekme ve vida tutma direnci de MDF de fazla ise de istatistiksel olarak önemli bulunmamaktadır. Çizelge 1.8 Yaklaşık aynı özgül ağırlık ve kalınlıkta piyasadan temin edilen MDF levhaları ile yonga levhaların mekanik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.8 Yaklaşık aynı özgül ağırlık ve kalınlıkta piyasadan temin edilen MDF levhaları ile yonga levhaların mekanik özellikleri (Grigoriou, 1983; Çehreli, 1984).

Özellikler	MDF	Yonga Levha
Levha kalınlığı (mm)	16	16
Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.747	0.739
Yüzey tabaka özgül ağırlığı (g/cm ³)	0.920	0.879
Eğilme direnci (N/mm ²)	34.40	20.50
Levha yüzeyine dik çekme direnci (N/mm ²)	1.02	0.95
Yüzey tabakası kopma direnci (N/mm ²)	1.77	1.28
Levha yüzeyine paralel çivi tutma direnci (N/mm ²)	49.3	43.5
Levha yüzeyine dik çivi tutma direnci (N/mm ²)	78.9	71.9

MDF levhaları ile yonga levhaların yüzey pürüzlüğü değerleri Çizelge 1.9'da verilmektedir. MDF levhalarının yüzey düzgünlüğü daha iyi ve yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, MDF levhaların su altında bekletme ve nemli ortamda kalması halinde daha az higroskopik olduğu görülmektedir. Buna karşılık, yonga levhalarda boyuna yöndeki değişim daha iyi olduğu görülmüştür (Grigoriou, 1983).

Çizelge 1.9 MDF ve Yonga levhaların yüzey pürüzlüğü.

Yüzey Pürüzlülüğü (Mikron)	MDF	Yonga Levha
Üst Yüzey	35.5	62.7
Alt Yüzey	33.7	47.9
Ortalama	34.6	55.3

1.6.3 Dünyada ve Ülkemizde MDF Üretimi

1990 yıllarda, Dünya'daki 27 fabrikanın toplam kapasitesi 1.7 milyon m³/yıl olduğu halde bugün sadece Asya-Pasifik'te bulunan 79 fabrikanın kapasitesi 7.3 milyon m³/yıl olmuştur. Bu 1990'lı yıllardaki toplam dünya kapasitesini aşmıştır. Başka bir deyişle fabrika sayısı üç katına çıkarken üretim hacmi %400 artmıştır. Asya kıtasında Malezya ve Çin 1.1 milyon m³/yıl üretimle ilk sıraları alırken, Avustralya ve Kore Cumhuriyeti 0.9 milyon m³/yıl ile bunları takip etmektedir. Çizelge 1.10'da 1994-1998 yılları arasındaki dünyada ve ülkemizde MDF üretim miktarları görülmektedir (Anon., 1996; Anon., 1998).

Çizelge 1.10 Ülkemizde ve dünyada 1995-1998 yılları arasında MDF üretimi (Anon., 1996, 1998).

Bölgeler	1996 (m ³)	1997 (m ³)	1998 (m ³)
Afrika	185.000	185.000	197.000
Latin Amerika	668.000	794.000	989.000
Asya_Pasifik	6.234.000	7.233.000	9.077.000
Orta Doğu	86.000	86.000	86.000
Kuzey Amerika	3.943.000	4.630.245	4.714.000
Avrupa	6.489.000	7.735.000	9.068.000
Türkiye	369.000	369.000	---
TOPLAM	17.605.000	20.278.000	24.131.000

Proje halinde olan ve 1999 veya sonraki yıllarda faaliyete geçmesi beklenen MDF üretim miktarları ise; Afrika 66.000 m³/yıl, Avrupa 2.000.000 m³/yıl, Latin Amerika 1.175.000 m³/yıl ve Kuzey Amerika'da 163.000 m³/yıl tahmini toplam

3.404.000 m³/yıl artacağı belirtilmektedir. Bu rakamlara göre 1997 yılında toplam MDF üretimi 20.278.245 m³/yıl olduğu halde bu rakam 1998 yılında 24.131.000 m³/yıl ve 1999 yılında da bu rakamın 27.535.000 m³/yıl olması beklenmektedir (Anon., 1988).



BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOD

2.1 MATERYAL

Ülke ekonomisinde çok önemli bir yeri olan buğday, bilimsel açıdan da çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Ülkemiz, dünyada en önemli tahıl üreticisi 6 ülkeden biri durumundadır. Bu tahıllar arasında en çok üretilen buğdaydan elde edilen buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarının bu çalışmada hammadde olarak kullanılmıştır.

Buğday saplarından (*Triticum aestivum* L.) orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretimi için kullanılan buğday sapları Ankara ilimize bağlı Şerefli Koçhisar ilçesinden temin edilmiştir. Ankara ilimiz ülkemizde en çok buğday tarımı yapılan bölgelerimizden biri olması nedeniyle seçilmiştir.

Lif üretim denemelerinin örnek değişiminden etkilenmemesi için materyalin homojenliği gerekmektedir. Bu nedenle, örnek seçiminde materyalinin toprak, eğim, bakı, iklim yönünden yetiştirme bölgesi koşullarının genel özelliklerini temsil etmesi kriter olarak alınmıştır. Numuneler 1996 Temmuz ayının ikinci haftasında hasat edilen tarlalardan toplanarak çuvallarda doldurularak depolanmıştır.

2.1.1 Araştırma Materyalinin Seçimi

MDF üretiminde kullanılacak hammaddenin teknik ve ekonomik yönden uygun olması en önemli özelliktir. Buğday saplarının MDF levhası üretimi için teknik ve ekonomik yönden uygun bir hammadde olduğu düşünölmüştür. Bunun nedeninin, buğday saplarının lif özellikleri yönünden yapraklı ağaçlara benzer özellik göstermesidir. Ayrıca, ülke ekonomisinde çok önemli bir yeri olan buğdayın yanında buğday saplarının da yem ve kağıt sanayinden sonra MDF levhaları yapımında değeriendirilmesi de önemlidir. Ülkemiz dünyada en önemli tahıl üreticisi 6 ülkeden biri durumundadır. Hammadde seçimimizde bu durum da etken olmuştur. Bununla birlikte, bu ve benzer konuların daha önce hiç araştırılmamış olması da konu seçimimizde etkili olmuştur.

2.1.2 Deney Levhalarının Hazırlanması

Levha üretimi için; lif eldesi, liflerin inceltilmesi, kurutulması, elenmesi, tutkal ve sertleştirici ilavesi, presleme ve pres sonrası işlemler olmak üzere bir dizi işlem yapılarak deney levhaları üretilmiştir. Bu işlemler sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

2.1.2.1 Lif üretimi

Lif üretiminde ORÜS Artvin Lif Levha Fabrikası'nın laboratuvarından yararlanılmıştır. Liflendirme işlemleri için yapılan ön deneme çalışmalarında

Krakow (103-248) tipi, yonga kapasitesi 300-500 (g) ve 12 (atm) buhar basıncına dayanıklı olan defibratör kullanılmıştır.

Lif üretim şartlarının belirlenmesi için toplam 12 farklı koşulda denemeler yapılmıştır. Denemelerde kullanılan lifler termo-mekanik olarak defibratör yöntemi ile elde edilmiştir. Deneme koşulları; buhar basıncı (sıcaklık değişimine bağlı), buharlama süresi ve liflendirme süresi olmak üzere üç değişkenlidir. Elde edilen liflerin lif verimi, defibratör saniyeleri ve yapılan ön deneme levhalarının eğilme dirençleri ve şişme yüzdeleri göz önüne alınarak üretilecek olan MDF levhalarının lif üretim koşulları belirlenmiştir. Her bir denemeden 5'er pişirme yapılarak ortalama değerler hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 2.1'de görülmektedir. Ayrıca, bu değerlerden deneme levhaları yapımında kullanılacak liflerin lif üretim şartları ve elde edilen liflerin özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Liflendirme yapılan defibratörün kapasitesi kullanılan hammaddenin yoğunluğuna göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 350-400 g saman her deneyde liflendirmeye tabi tutulabilmiştir.

Çizelge 2.1 Buğday saplarından değişik koşullarda termo-mekanik olarak üretilen liflerden yaş yöntemle elde edilen sert lif levhalara ait liflendirme şartları ve elde edilen sert lif levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikler.

Deney No	Saman Rutubeti (%)	Basmaç (atm)	Buharlama süresi (d)	Liflendirme Süresi (d)	Defibratör sarıya (sn)	Lif verimlili (%)	levha kalınlığı (mm)	levha yoğunluğu (g/cm ³)	levha rutubetli (%)	Kondisyonlama öncesi eğilme (N/mm ²)	Kondisyonlama sonrası eğilme (N/mm ²)	Kondisyonlama öncesi su emme (%)
1	7,99	9,0	5	2	32,61	77,69	2,53	1,036	5,05	40,037	41,306	189
2	7,29	9,0	4	2	26,66	79,64	2,62	0,994	4,76	39,421	44,364	187
3	7,64	9,0	3	2	24,61	80,77	2,63	0,987	4,68	43,732	47,392	180
4	9,17	9,5	5	2	27,18	76,36	2,58	0,989	4,96	38,224	39,721	184
5	10,86	9,5	4	2	31,25	74,19	2,55	1,027	4,59	37,591	41,210	170
6	8,83	9,5	3	2	25,34	77,92	2,60	0,995	4,68	34,762	39,028	179
7	8,69	10,0	5	2	26,23	74,08	2,61	1,080	4,56	34,399	35,237	159
8	10,37	10,0	4	2	22,23	76,66	2,61	1,074	4,86	27,241	28,661	169
9	9,64	10,0	3	2	21,96	76,14	2,38	1,055	4,68	33,405	41,935	158
10	8,56	10,5	5	2	32,61	73,57	2,52	1,008	4,57	40,033	41,291	112
11	7,75	10,5	4	2	27,61	75,11	2,58	0,985	4,63	43,732	47,287	130
12	9,03	10,5	3	2	26,66	78,20	2,80	0,986	4,43	38,969	44,365	128

Çizelge 2.2 MDF yapımında kullanılan liflerin lif üretim şartları ve elde edilen liflerin özellikleri.

Buhar basıncı (atm)	10.5
Liflendirme süresi (d)	4
liflendirme süresi (d)	2
Defibratör saniyesi (sn)	27.61
Saman rutubeti (%)	7.75
Lif verimi (%)	75.11

Liflendirme işlemine başlamadan önce kapağı açılır ve borulardaki buharın yoğunlaşarak oluşturduğu su boşaltılır. Bu işleme defibratörden kızgın buhar gelinceye kadar devam edilmelidir. Aksi durumda yongalar üzerine gelen su ve soğuk buhar pişirme işlemini geciktirir ve liflendirme tamamen gerçekleşmez. Bu nedenle liflendirme işlemine başlamadan önce ve ara verdikten sonra mutlaka buhar borularında yoğunlaşan suyun boşaltılması ve kızgın buharın gelmesi sağlanmalıdır.

Saman defibratör içerisine doldurulduktan sonra kapağı kapatılmış ve kapağı iyice sıkıştırılmıştır. Buhar vanaları açılarak 4 dk. lık buharlama periyodundan sonra defibratör 2 dk. çalıştırılarak liflendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Defibratör durdurulduktan sonra güvenlik maksadıyla iç basıncın düşmesi için buhar tahliye vanası açılarak 2-3 dk. bekletilmiştir. Defibratörün kapağı açılarak lifler bir kepçe yardımıyla tekneye alınmıştır. İşlem sonunda defibratörün içi ve kapağı iyice yıkandıktan sonra tekrar saman doldurulmuş ve işlemler aynı şekilde tekrarlanarak ön denemeler yapılmıştır.

Elde edilen lifler rafinörlerden geçirilerek inceltiilmiş ve süzülerek kurumaya bırakılmıştır. Bu işlemler sırasında keçeleşmiş olan lifler basınçlı hava yardımı ile bireysel hale getirilmiştir.

Yukarıda belirtilen şartlarda termo-mekanik olarak laboratuvar tipi defibratörde ön deneme levhaları yapılmıştır. Aynı şartları sağlayacak şekilde fabrikanın ana üretim hattındaki defibratör kullanılarak, elle doldurulan defibratör kazanında deneme lifleri üretilmiştir. Fakat diğer işlemlerin tümü fabrikada uygulandığı gibi yapılmıştır.

Bireysel hale getirilmiş lifler rutubetli halde uzun süreli bekletilirse keçeleşeceğinden hemen kurutulmalıdır. Kurutma işlemi laboratuvar tipi lif kurutma fırınında yapılmıştır. Kurutma işlemine rutubet miktarları %3-4'e ulaşınca kadar devam edilmiştir. Fırından çıkarılan lifler soğutulmuş ve plastik poşetlerde hava almayacak şekilde muhafaza edilmiştir.

2.1.2.2 Tutkallama ve sertleştirici ilavesi

Daha sonra, elde edilen lifler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Yonga Levha Laboratuvarına getirilmiştir. Levha taslağı hazırlanmadan önce lifler elenerek toz halindeki tanecikler uzaklaştırılmıştır. Lifler tekrar laboratuvar tipi kurutma fırınında %3-4 rutubete kadar kurutulmuştur. Tutkallamada tek enjektörlü 6 (kg/cm²) basınca dayanıklı 5 karıştırma kolu bulunan tutkallama makinası kullanılmıştır. Mil üzerinde bulunan

kollar motorun çalışması ile dönerek bir yandan lifleri karıştırırken diğer yandan da püskürtülen tutkal ile homojen bir tutkallama sağlanmıştır. Homojen bir tutkallama sağlanabilmesi için optimum karıştırma süresi 5 dk. tutulmuştur. Levha üretiminde tam kuru lif ağırlığına oranla %8, %10, %12 oranlarında üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır.

Sertleştirici madde olarak amonyum klorür (NH_4Cl)'ün %30 'luk çözeltisi tam kuru madde ağırlığına göre %1 oranında kullanılmıştır.

2.1.2.3 Levha taslağının hazırlanması ve üretim koşulları

Levha taslağının hazırlanmasında 56.5 x 56.5 (cm) boyutlarında şekillendirme kalıbı ve 7 mm. kalınlığında kalınlık çitaları kullanılmıştır. Önce pres sacı temiz ve düz bir zemine yerleştirilmiş, üzerine şekillendirme kalıbı konulmuştur. Tutkallanmış lifler çerçeve içerisine el yardımı ile homojen olarak serilmiş ve taslak kalıbı içerisine sığabilecek bir ahşap tabla ile lifler iyice bastırılarak levha taslağı oluşturulmuştur. Daha sonra tabla sıkıca basılı tutularak çerçeve yavaşça kaldırılmıştır. Kalınlık takozları taslağın her iki yanına yerleştirildikten sonra ahşap tabla alınarak yerine ikinci pres sacı yerleştirilmiştir. Bu durumda levha taslağı prese hazır hale getirilmiştir. Sarsıntı ve çarpmalar oluşturulan levha taslağını bozabileceğinden levhaların özelliklerini kötü yönde etkilemektedir. Üretilen levhalar yoğunlukları 700-800 kg/m^3 arasında olacak şekilde hesaplanmıştır. Tutkal oranı, pres süresi 3 değişkenli ve yoğunluk 2 değişkenli

olmak üzere toplan 18 ($3 \times 3 \times 2 = 18$) farklı koşulda saman MDF levha üretilmiştir.

Çizelge 2.3’de buğday saplarından MDF üretim koşulları verilmektedir.

Çizelge 2.3 Buğday saplarından MDF levhası üretim koşulları.

ÖZELLİKLER	KOŞULLAR	
Özgül kütle (g/cm^3)	0,700	0,800
Tutkal miktarı (%)	8,10,12	8,10,12
Sertleştirici miktarı (%)	1 (%30’luk)	1 (%30’luk)
Pres süresi (dk.)	5, 6, 7	5, 6, 7
Pres basıncı (kp/cm^2)	200-220	200-220
Pres sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	150	150

İlave olarak “saman lifi” ve “odun lifi” karışımı MDF üretilmiştir. Bunların karışım oranları Çizelge 2.4’de verilmiştir. Ayrıca, odun liflerinden de levhalar yapılmıştır.

Çizelge 2.4 MDF üretiminde kullanılan saman-odun lifleri karışımı oranları.

Saman Lifi (%)	Odun Lifi (%)
30	70
50	50
70	30

Saman-odun karışımı liflerden elde edilen levhaların özgül kütlesi (0.800 g/cm^3) ve pres süresi (6 dk.) sabit tutularak tutkal miktarı %8, %10 ve %12 olarak değiştirilmiştir. Saman-odun lifi karışımlarından elde edilen MDF levhalarının üretim koşulları Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Saman-odun lifi karışımlarından elde edilen MDF üretim koşulları.

ÖZELLİKLER	KOŞULLAR
Özgül kütle (g/cm^3)	0,800
Tutkal miktarı (%)	8,10,12 (%55'lik)
Sertleştirici miktarı (%)	1 (%30'luk çözelti)
Pres süresi (dk.)	5, 6, 7
Pres basıncı (kp/cm^2)	200-220
Pres sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	150

Yapraklı ağaç odunlarından (Ormangülü, Kayın ve Kavak karışımı) elde edilen liflerinden üretilen MDF levhaların üretim şartları Çizelge 2.6'da görülmektedir.

Çizelge 2.6 Odun liflerinden elde edilen MDF levhası üretim koşulları.

ÖZELLİKLER	KOŞULLAR
Özgül kütle (g/m^3)	0,800
Tutkal miktarı (%)	8,10,12 (%55'lik)
Sertleştirici miktarı (%)	1 (%30'luk çözelti)
Pres süresi (dk.)	5, 6, 7
Pres basıncı (kp/cm^2)	200-220
Pres sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	150

2.1.2.4 Presleme

Levha taslakları laboratuvar tipi tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Pres levhası boyutları 70 x 89 cm 'dir. Yapılan levhaların boyutları ise 56,5x56,5 cm olup pres sıcaklığı 150 $^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır. Kullanılan presin sıcaklığı maksimum 150 $^{\circ}\text{C}$ olduğundan daha yüksek sıcaklıklarda deneme yapılamamıştır.

Presleme süresi pres kapatıldıktan sonra 5, 6, ve 7 dk. olarak seçilmiştir. Pres basıncı tüm levhalar için 200-220 kp/ cm² olarak alınmıştır.

2.1.2.5 Pres sonrası işlemler

Levhalar prestan alındıktan sonra sertleşme işleminin devam etmesi için pres saçları arasında bir müddet bekletildikten sonra çıkarılarak TS 642'ye göre sıcaklığı 20 °C ve bağıl nemi %65 olan klima odasına alınmıştır.

2.1.4 Test Örneklerinin Hazırlanması

Levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için numune alma ve deney parçalarının kesilmesi TS 64'e göre yapılmıştır. Deney parçalarının kalınlık, uzunluk ve genişliklerinin ölçülmesi TS 3634 standardında belirtildiği üzere, düzgün yüzeyli ve birbirine paralel ölçme yüzeyleri 16 ± 1 mm çapında (yaklaşık 200 mm²) olan bir mikrometre ile deney parçalarının kalınlıkları 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçme yüzeyleri 5 mm genişlikte olan ve 0,1 mm duyarlılıkta dijital kumpas kullanılmıştır. Kumpas ayakları ile deney parçası yüzeyi arasında 45° lik bir açı oluşacak biçimde uzunluk ve genişlikler ölçülmüştür. Ayrıca, ağırlık ölçümleri için 0,01 g duyarlılıkta bir terazi kullanılmıştır.

2.2 METOD

Kullanılan buğday saplarının kimyasal analizi, morfolojik özellikleri ve buğday samanı liflerinden elde edilen MDF levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bunlar;

2.2.1 Yapılan Kimyasal Analizler

Lif levha yapımında kullanılacak hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi elde edilecek lif hamurunun miktarını ve özelliklerini belirlemede en önemli hususlardan biridir. Bunun için, kullanılan buğday saplarının yapısının belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin, selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması liflendirmenin kolay veya zor olacağının göstergeleridir (Eroğlu, 1980).

Kimyasal analizlerde kullanılacak numuneler kibrit çöpü büyüklüğünde yongalandıktan sonra TAPPI T11 m-45 standardına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülmüştür. Sarsıntılı elek üzerinde yapılan elemelerde 40 mesh'lik elekten geçip 60 mesh'lik (250 mikron) elek üzerinde kalan kısmı alınmıştır. Örnekler cam kavanozlara konularak ağızları sıkıca kapatılmıştır. Deneyler yapılırken örnek rutubeti belirlendikten sonra alkol-benzen, soğuk su, sıcak su , %1'lik NaOH çözünürlükleri ile holoselüloz, selüloz, lignin ve inorganik madde miktarları belirlenmiştir.

2.2.1.1 Alkol - benzen çözünürlüğü

Kullanılan materyalin alkol-benzen çözünürlüğü TS 4568 standardına göre yapılmıştır. Darası alınmış her bir ekstraksiyon krozesi içersine yaklaşık olarak 2'şer gramlık örnek tartılarak konulmuştur. Örneklerden biri kurutma fırınına ($105\pm 3^{\circ}\text{C}$) tam kuru ağırlığı ve rutubet miktarları belirlenmek üzere, diğerleri ise darası alınmış sokslet ekstraksiyon balonu ile sokslet ekstraksiyon cihazına yerleştirilmiştir. Kayıpları önlemek için krozelerin tepesine 5 mesh'lik tel elek konisi yerleştirilmiştir. Alkol-benzen karışımı ise 33 hacim alkol ile % 95'lik 67 hacim benzen olacak şekilde hazırlanmıştır. 200 ml alkol-benzen karışımı 6-8 saat süre ile kaynamaya bırakılmış, sonuçta deney balonu içerisinde bulunan alkol-benzen karışımı buharlaştırmış ve $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki etüv içerisinde değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Deney materyali desikatöre alınıp soğutularak tartılmıştır. Ayrıca, krozelerdeki alkol-benzen açık havada buharlaşmaya bırakılmış ve etüve alınarak tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan krozeler tartılarak ağırlıkları hesaplanmıştır. İlk ağırlıktan düşülerek azalan miktar belirlenmiştir. Bulunan miktar yüzde cinsinden hesaplanarak ifade edilmiştir. Bu şekilde buğday saplarının içerisindeki vaks, yağ, reçine ve diğer benzeri bileşenlerin miktarları belirlenmiştir.

2.2.1.2 Soğuk su çözünürlüğü

Buğday saplarının soğuk su çözünürlüğünün belirlenmesi için TS 4567 standardı esas alınmıştır. Önceden rutubeti belirlenmiş 2 g örnek 400 ml bir behere

aktarılmış ve üzerine 300 ml destile su ilave edilmiştir. Karışım $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat süreyle sık sık karıştırılarak bekletilmiştir. Bundan sonra saman örnekleri $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de tam kuru ağırlığı belirlenmiş olan 2 nolu krozedden süzölmüştür. Süzöntöler destile suyla yıkandıktan sonra $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki etöv içerisinde değışmez ağırlığa kadar kurutulmuştur. Numuneler kurutulduktan sonra desikatöre alınarak soğutulup tartılmış olup, sonuçlar çözünen madde miktarı üzerinden tam kuru saman ağırlığına göre % olarak ifade edilmiştir.

2.2.1.3 Sıcak su çözünlölüğü

Sıcak su çözünlölük deneyleri TS 4567 standardına göre yapılmıştır. 2 g test örneğı 100 ml destile su ile su banyosunda geri dönüşömlü bir kondansatör altında 100°C 'de 3 saat süre ile kaynatılmış ve örnekler $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki etövle tam kuru ağırlığı belirlenmiş olan 2 nolu krozedden süzölmüştür. Süzöntöler destile suyla yıkandıktan sonra $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki etöv içerisinde değışmez ağırlığa kadar kurutulup desikatöre alınarak soğutulup tartılmıştır. Sonuçlar, çözünen madde miktarı üzerinden tam kuru saman ağırlığına göre % olarak ifade edilmiştir.

2.2.1.4 %1'lik NaOH'de çözünlölük

Bu yöntem sıcak (100°C) seyreltik alkaliyle çözünmeye karşı buğday saplarının dayanıklılığını belirler. %1'lik NaOH'de çözünlölüğün en önemli uygulaması alınan bir ligno selölözük numunede var olan mantar çüröklölüğünün derecesini yani

degradasyona uğramış selüloz miktarını belirlemektir. Buda bize lif veriminin ne ölçüde düşeceğini anlamak için iyi bir kriterdir (Eroğlu, 1990).

%1'lik NaOH çözünürlüğü, TAPPI T 4m-54 standardına göre 97-100 °C kaynar su banyosuna 100 cc. %1'lik NaOH çözeltisi içinde hazırlanan örnekler aktarılır, 1 saat süreyle bekletilir, süzülür, nötrleştirilir ve yıkanır. Çözünen madde miktarı başlangıçtaki kuru ağırlığa oranlanarak %1'lik NaOH'de çözünürlük oranı bulunur.

2.2.1.5 Holoselüloz tayini

Holoselüloz oranının % 100 olarak kesinlikle belirlenmesi mümkün değildir. Ancak kullanılan yöntemlerden en az kayıp vereni Wise ve arkadaşlarının geliştirdiği Klorit yöntemidir. Yöntemin tercih edilmesinin sebebi, kolay olmasının yanında klorlama (ClO_2) yöntemine oranla, ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat oranının daha az oluşudur. Bu yöntemin uygulanması halinde % 2-4 oranında lignin karbonhidratlarla birlikte kalmaktadır. Çünkü, karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tümünü uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır.

Klorit yönteminin buğday sapı örneklerine uygulanmasında standart alkol-benzen muamelesine tabi tutulan 5 g hava kurusu örnek alınarak, içerisinde 160 ml su bulunan 250 mm'lik erlenmayere konduktan sonra 1,5 g NaClO_2 ve 10 damla (0.5

ml) buzlu asetik asit damlatılmıştır. Bir termostat yardımıyla sıcaklığı $78\pm 2^{\circ}\text{C}$ ayarlanan su banyosundan erlenmayerin üzeri daha küçük ikinci bir erlenmayer ile kapatılarak 1 saat süreyle muamele edilmiş ve bu işlem 4 kez tekrarlanmıştır.

Asetik asit ortamın pH'sını 4 dolayında tutmakta, ve ClO_2 çıkmasını sağlamakta, çıkan ClO_2 lignini oksitleyerek klora-lignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır.

2.2.1.6 Selüloz tayini

Selüloz miktarı tayininde Kurschner - Hoffner yöntemi kullanılmıştır. Daha önce alkol - benzen ekstraksiyonuna tabi tutulmuş örnekler yaklaşık 2,000 g hassasiyetle tartılmıştır. 10 ml HNO_3 ile 40 ml $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ alınarak test örneği üzerine ilave edilmiş ve su banyosu içerisinde yavaş yavaş kaynamaya bırakılmıştır. HNO_3 etkisiyle yağlı maddeler çözünür, hemiselülozlar hidroliz olur ve lignin nitrofenolik bileşiklere dönüşür. Karışımdaki alkol ise selülozu HNO_3 'in etkisinden korumaya yarar. Bir saatlik kaynamadan sonra tam kuru ağırlığı belli olan kroze (2 no'lu) yardımıyla çözelti süzölmüştür. 10 ml HNO_3 - 40 ml $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 'den oluşan yeni çözelti ile kroze üzerinde kalan test örneği yıkanarak balona aktarılmıştır. Tekrar 1 saat süreyle su banyosunda kaynatılmıştır. Aynı işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Son süzme işleminde test örneği saf su ile yıkanarak içerisindeki kimyasal maddeler uzaklaştırılmıştır. Kroze $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de etüv

içerisinde tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, desikatöre alınarak soğutulmuş ve tam kuru ağırlığı belirlenerek selüloz miktarı bulunmuştur.

2.2.1.7 Lignin miktarı tayini

Lignin yıllık bitkilerin önemli asli bileşenlerinden biri olup, özellikleri bitki türüne göre değişen dört veya daha fazla fenil propan monomerinden oluşan, aromatik ve amorf yapıda doğal bir polimerdir. Ligninin bitkisel maddelerdeki oranını belirlemede çeşitli yöntemler kullanılmakta ise de en çok kullanılan ve yaygın olan yöntem % 72'lik sülfirik asit (Klason Lignini) yöntemidir. Belirli koşullarda sülfirik asit (H_2SO_4) karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve aside dayanıklı olan lignin kalıntı olarak elde edilir. Lignin oranını belirlemede TS 4497 standardı kullanılmıştır. Lignin tayini için önce numunelerde ligninle beraber çözünmeden kalan bazı ekstraktiflerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için örneklere standart alkol - benzen ekstraksiyonu uygulanmıştır. Dijital terazide 0.001gr hassasiyetle 2 g ağırlığında örnekler tartılıp tam kuru ağırlıkları önceden belirlenmiş kaplara konulmuştur. Etüvde 2 saat süre ile $103\pm 2^\circ C$ 'da kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuştur ve örneklerin rutubet miktarları ile tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Standart alkol - benzen ekstraksiyonuna tabi tutulmuş örnekler hassas bir şekilde 2'er gram alınarak bir behere aktarılmış ve üzerine yavaşça $12-15^\circ C$ 'deki 15 ml önceden hazırlanmış % 72'lik sülfirik asit (H_2SO_4) ilave edildi. Karışım zaman zaman karıştırılarak oda sıcaklığındaki su banyosunda 2 saat bekletilmiştir. Bu

işlemlerden sonra beher içerisindeki karışım 1 lt'lik erlenmayere aktarılmış ve asit konsantrasyonu % 3'e düşene kadar destile su ile seyreltilmiştir. (Bu da yaklaşık olarak erlendeki sıvı miktarı seviyesi olan 560 ml kadardır). Bu karışım 4 saat süre ile soğutucu altında kaynatılmıştır. Çözelti soğumaya bırakılmış ve içerisindeki çözünmeyen maddelerin çökmesi sağlanmış ve tam kuru ağırlığı belirlenmiş ($103\pm 2^{\circ}\text{C}$) bir kroze de süzölmüştür. Serbest asit atıkları 500 ml'lik sıcak su ile yıkanarak uzaklaştırılmış ve $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde kurutulmuştur. Sonra etüvden alınarak desikatörde soğutularak tartılmış ve ağırlık sabit olana kadar işleme devam edilmiştir. Bu şekilde materyalimizin lignin miktarı belirlenmiş ve sonuç yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.8 Kül tayini

Kül miktarları buğday samanı örneklerinin $575 \pm 25^{\circ}\text{C}$ 'de yakılmasıyla elde edilen inorganik maddelerdir. Deneyler TS 4432 standardına uygun olarak yapılmıştır. Örnekler hava kurusu halde olup 10 miligramdan daha az kül vermeyecek şekilde 0.1mg hassasiyetle tartılarak alınır. Örneklerin daha önceden rutubet içerikleri belirlenmiş olmalıdır. Deneyde kullanılan porselen krozeler $575\pm 25^{\circ}\text{C}$ 'lik kül fırınında 15 dk. bekletilmek suretiyle değişmez ağırlığa getirilir. Desikatöre alınarak soğutulur ve 0.1mg hassasiyetle kabın tam kuru darası belirlenir. Bu krozeler içerisine test örnekleri, konularak direkt bir ısıtıcıda yakılır. Bu olaya karbonlaşma adı verilir. Yakılan bu örnekler sıcaklığı $575\pm 25^{\circ}\text{C}$ 'deki kül fırınına konularak 3 saatten az olmayacak şekilde bekletilir. Siyah partiküller kaybolunca işlem sona erer. Bu işlemten sonra örnekler desikatöre

alınarak soğutulur ve tartılır. Kül içeriği başlangıçtaki kuru örneğe oranla % olarak ifade edilir.

2.2.2 Lif Morfolojisiyle İlgili Çalışmalar

Buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarının farklı morfolojik kısımlarında bulunan lifsel yapıdaki elemanlar maserasyon (klorit) yöntemi ile bireysel hale getirilmiştir. Masere edilen liflerden daha sonra gliserin-jelatin çözeltisi kullanılarak daimi preparatlar hazırlanmıştır.

Ayrıca, MDF üretiminde kullanılan ve termo-mekanik yöntemle elde edilen liflerin üzerinde de ölçümler yapılmıştır. Liflerden gliserin-jelatin çözeltisi ile daimi preparatlar hazırlanmıştır.

Lif morfolojisine ait ölçümler projetime markalı ekranlı mikroskopta yapılmıştır.

Maserasyonla ve termo-mekanik yöntemle elde edilen liflerin lif uzunlukları, lif genişliği, lümen çapı ve çeper kalınlığı ölçümleri yapılmıştır.

2.2.3 Fiziksel Özellikler

Buğday saplarından elde edilen MDF levhalarının fiziksel özelliklerinden özgül ağırlık, rutubet miktarı, su alma ve kalınlık artımı özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bu fiziksel özelliklere ait değerler standartlarda belirtilen MDF levhalarının özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, istatistiksel olarak veriler

değerlendirilmiştir. Deney numuneleri TS 64'e göre kesilmiş ve TS 3634'te belirtilen ölçme aletleri kullanılarak boyutları ve ağırlıkları belirlenmiştir.

2.2.3.1 Rutubet miktarı

Elde edilen levhaların rutubet miktarları TS 1811 standardına göre belirlenmiştir. Her bir levha grubu için 50 x 50 mm boyutlarında örnekler hazırlanarak klima odasında ağırlıkları değişmez duruma gelinceye kadar klimatize edilmiştir. Klimatize işleminden sonra örneklerin ağırlıkları 0,001 g duyarlıktaki analitik terazide tartılmıştır. Bu işlemlerden sonra rutubet tayin numuneleri 103±2 °C'deki etüve konularak değişmez ağırlığa gelinceye kadar bir kaç kez tartılarak tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Rutubet miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanarak yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

$$R = \frac{m_s - m_0}{m_0} (\%) \quad (2.1)$$

Burada;

R : Rutubet miktarı 20 ± 2 °C ve %65 bağıl nemdeki denge rutubeti (%),

m_s : Klimatize edilmiş levhaların ağırlığı (g),

m_0 : Levhaların tam kuru ağırlığı (g).

2.2.3.2 Özgöl kütle

Özgöl kütle; boyutları 0,01 hassasiyette ölçülen 50x50 mm, 0,001 g hassasiyette tartılarak rutubetli haldeki ağırlıkları (m_r) belirlenmiştir. 103 ± 2 °C'deki etüve yerleştirilen levha örnekleri tam kuru ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan numuneler desikatöre alınarak soğutulmuş ve tam kuru ağırlıkları (m_o) belirlenmiştir. Deney parçalarının boyutlarının ölçülmesi TS 3634 esas alınarak yapılmıştır. Özgöl kütle belirlenmesi TS 3644'e göre aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\delta = \frac{m_o}{V} \quad (2.2)$$

Burada;

δ : Özgöl kütle (g/cm^3),

m_o : Deney parçalarının tam kuru ağırlığı (g),

V : Deney parçalarının tam kuru hacmi (cm^3),

2.2.3.3 Su emme

Levhaların su emme miktarları belirlemede TS 3639 standardı kullanılmıştır. Standartlarda belirtilen ölçülerde hazırlanan levha örneklerinin ağırlıkları 0,01 hassasiyette ölçebilen bir terazide tartılarak 20 ± 2 °C'deki su banyosunda 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonra su banyosundan alınan örnekler üzerinde bulunan fazlalık su temiz bir bez ile silinmiştir. Örnekler tartılarak ağırlıkları belirlenmiş

ve sonuçlar “su emme” miktarı yüzde (%) olarak aşağıdaki formül ile bulunmuştur.

$$Se = \frac{m_s - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2.3)$$

Burada;

Se : 20 ± 2 °C ve 24 saatte su emme miktarı (%),

m_s : Son ağırlık (g),

m_0 : ilk ağırlık (g).

2.2.3.4 Kalınlığına şişme

Kalınlığına şişmenin belirlenmesinde TS 3639 standardı kullanılmıştır. Standartta belirtilen yerlerden kalınlıkları ölçülen örnekler 20 ± 2 °C'deki su banyosunda 24 saat bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnekler yeniden kalınlıkları ölçülmüştür. Kalınlığına şişme miktarları yüzde (%) olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$Kş = \frac{m_s - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2.4)$$

Burada,

Kş : 20 ± 2 °C ve 24 saatte kalınlığına şişme miktarı (%),

m_s : Son kalınlık (mm),

m_0 : İlk kalınlık (mm).

2.2.4 Mekanik Özellikler

Buğday saplarından elde edilen MDF'lerin eğilme dayanımları, eğilmede elastikiyet modülleri ve yüzeye dik çekme direnci belirlenmiştir. Bunlar standart levhalarla karşılaştırılarak uygun olup olmadıkları tespit edilmiştir. Deney numuneleri TS 64'e göre kesilerek hazırlanmış ve TS 3634'te belirtilen ölçme aletleri kullanılarak boyutları ve ağırlıkları belirlenmiştir.

Eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü deneyleri Türk Standartları Enstitüsü (TSE), İnşaat Bölümü, Ağaç İşleri laboratuvarında bulunan Zwick marka (PC Software Z1001 bilgisayara bağlı) test makinası kullanılarak ölçülmüştür. Yüzeye dik çekme direnci deneyleri ise K.T.Ü. Orman Fakültesi, Fiziksel ve Mekaniksel Ağaç Teknolojisi laboratuvarında bulunan Zwick universal levha deneme makinası kullanılarak gerçekleştirilmiş olup tüm sonuçlar N/mm^2 olarak hesaplanmıştır.

2.2.4.1 Eğilme dayanımı

Eğilme dayanımı deneyleri TS 3636'ya göre yapılmıştır. Numune alma ve deney parçaları TS 64'e göre kesilmiş ve TS 3634'te belirtilen ölçme aletleri kullanılmıştır. Deney parçaları ebatları 200 X 75 mm olacak şekilde her bir levha grubu için 20'şer adet numune alınmıştır ve standartlara uygun olarak kondisyonlama işlemi ve levha boyutları belirlenmiştir.

Eğilme dayanımı deneyleri Türk Standartları Enstitüsü (TSE), İnşaat Bölümü, Ağaç İşleri laboratuvarında bulunan Zwick marka (PC Software Z1001 bilgisayara bağlı) test makinası kullanılarak ölçülmüştür. TS 3636 standartlarda belirtilen özelliklerde işlemler yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmış olup sonuçlar N / mm² olarak verilmiştir.

$$E = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2} \quad (2.5)$$

Burada;

E : Eğilme dayanımı, (N/mm²)

P : En büyük yük, (N)

L : Dayanak açıklığı, (mm)

b : Deney parçasının genişliği, (mm)

d : Deney parçasının kalınlığı, (mm)

2.2.4.2 Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü deneyleri Türk Standartları Enstitüsü (TSE), İnşaat Bölümü, Ağaç İşleri laboratuvarında bulunan Zwick marka (PC Software Z1001 bilgisayara bağlı) test makinası kullanılarak belirlenmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri eğme kuvveti ve eğme boyu eğrilerinin elastikiyet sınırı içinde kalan kısımlardan yararlanılarak aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

$$E = \frac{F \times L^3}{4 \times \delta_e \times b \times d^3} \quad (2.6)$$

Burada;

E = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm^2)

F = Deformasyon sağlayan kuvvet (N)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

δ_e = Eğilme miktarı (mm)

b = örnek Genişliği (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm)

2.2.4.3 Yüzeye dik yönde çekme direnci

Yüzeye dik yönde çekme direnci deneyleri DIN 52365'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Yüzeye dik yönde çekme direnci tutkal ve tutkallama kalitesini belirleyen en önemli özelliktir. Her gruptan 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında 20'şer örnek hazırlanmıştır. Elde edilen MDF levhaları klimatize edildikten sonra boyutları 0.01 (mm) duyarlılıkla standartlarda belirtilen aletler kullanılarak yapılmıştır. Standartlarda belirlenen biçimde önceden hazırlanmış kayın takozlar arasına polivinil asetat (PVA) tutkalı kullanılarak levhalar ölçülmüştür. Klima odasında bir hafta bekletilen örnekler K.T.Ü. Orman Fakültesi, Fiziksel ve Mekaniksel Ağaç Teknolojisi laboratuvarında bulunan Zwick üniversal deneme makinesinde standartlarda verilen esaslara uygun olarak test edilmiştir. Yüzeye dik yönde çekme direncinin sonuçları N/mm^2 olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$Q_{cd} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (2.7)$$

Burada;

Q_{cd} : Yüzeye dik çekme direnci (N/mm^2)

F_{max} : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A : Deney parçasının enine kesit alanı (mm^2)

Kırılmalar genellikle örneklerin tam ortasından olmuştur. Levha yüzeyine çok yakın ve masif kayın şablonlarından kırılanlar hesaplara dahil edilmemiştir.

2.2.5 Kullanılan İstatistik Yöntemler

Yapılan çalışmaların değerlendirilmesinde “statgraphics” paket programı ile varyans ve regresyon analiz yöntemleri kullanılmıştır.

2.2.5.1 Varyans analizi

Yapılan çoğul varyans analizlerinde ve Duncan testlerinde grup ortalama değerlerinden yararlanılmıştır. Çift girişli varyans analizlerinde ve Duncan testlerinde ise deneylerden elde edilen tekil değerler kullanılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucu gruplar arasında veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı bulunması durumunda Duncan-test metodu uygulanmıştır. Duncan testinden elde edilen sonuçları ilgili tablolarda 0, 1, 5 rakamları ile gösterilmiştir. Burada;

0 : Kademeler arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemsiz olduğu,

1 : Kademeler arasındaki farkın %1 ve %5 yanılma olasılığı için önemli olduğunu,

5 : Kademeler arasındaki farkın yalnızca %5 yanılma olasılığı için önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca;

α : Düzeyler arasındaki yanılma olasılığını,

* : % 5 (%95 güvenle) yanılma olasılığını (önem düzeyi),

** : % 1 (%99 güvenle) yanılma olasılığını (önem düzeyi) ifade etmektedir.

2.2.5.2 Regresyon analizi

Yapılan çoğul regresyon analizlerinde grup ortalama değerlerinden yararlanılmıştır. Basit regresyon testlerinde ise deneylerden elde edilen tekil değerler kullanılmıştır. Elde edilen denklemlerdeki değişkenler ilgili tablolarda y_1, y_2, y_3, y_4 , ve y_5 bağımlı değişkenler, X_1 ve X_2 bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Burada;

y_1 : Su emme oranı (%)

y_2 : Kalınlığına şişme oranı (%)

y_3 : Eğilme dayanımı (N/mm^2)

y_4 : Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm^2)

y_5 : : Yüzeye dik çekme direnci (N/mm^2)

X_1 Tutkal oranı (%)

X_2 Pres süresi (dk.)

olduğunu göstermektedir.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE İRDELEME

3.1 YAPILAN KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Buğday saplarının (*Triticum aestivum* L.) alkol-benzen, soğuk su, sıcak su ve %1'lik NaOH çözünürlükleri standartlara uygun olarak yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Buğday saplarının çeşitli çözünürlük yüzdeleri.

Özellikler	Oranlar
Alkol-benzen çözünürlüğü (%)	5,15
Soğuk su çözünürlüğü (%)	7,31
Sıcak su çözünürlüğü (%)	9,84
%1'lik NaOH çözünürlüğü (%)	40,79

Elde edilen sonuçlar Eroğlu (1980) ve Uslu (1995) ile karşılaştırıldığında değerlerin birbirlerine yakın olduğu anlaşılmaktadır. Eroğlu (1980) ve Uslu (1995) tarafından yapılan çalışmaların sonuçları Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.2 Buğday saplarının çözünürlükleri (Eroğlu, 1980; Uslu, 1995)

Çözünürlükler (%)				Referans
Alkol-benzen	Soğuk su	Sıcak su	% 1'lik NaOH	
5,33 ± 0,18	7,63 ± 0,15	10,48 ± 0,33	40,08 ± 0,90	Eroğlu, 1980
5,27 ± 0,11	7,54 ± 0,22	10,55 ± 0,20	41,96 ± 0,26	Uslu, 1995

Materyal olarak kullanılan buğday saplarının (*Triticum aestivum* L.) bazı kimyasal bileşenleri (holoselüloz, selüloz, lignin ve kül) materyal ve metod kısmında belirtilen standartlara uygun olarak yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Materyal olarak kullanılan buğday saplarının bazı kimyasal bileşen oranları.

Kimyasal Analizler	Tüm Buğday Sapı Oranları (%)
Holoselüloz	74,79
Kül hariç holoselüloz	72,51 ± 0,45
Selüloz	52,67
Kül hariç selüloz	49,71 ± 0,28
Lignin	20,17
Kül hariç lignin	18,85 ± 0,39
Kül	4,21

Buğday saplarıyla ilgili bazı çalışma sonuçları Çizelge 3.4’de görülmektedir. Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 karşılaştırıldığında Rowell (1992) yapmış olduğu çalışmada buğday saplarındaki selüloz miktarının Eroğlu (1980) ve Uslu (1995) ‘nun bulmuş olduğu değerlerden düşük olduğu diğer değerlerin birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada bulunan sonuçlar ise Rowell (1992)’ın selüloz verisi hariç Çizelge 3.4’de verilen değerlere yakındır.

Çizelge 3.4 Buğday saplarının bazı kimyasal bileşenleri (Eroğlu, 1980; Rowell, 1992; Uslu, 1995).

Holoselüloz (%)	Selüloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)	Referans
76,25	51,20	18,03	4,44	Eroğlu (1980)
70-75	29-35	16-21	4,5-9	Rowell (1992)
70,40	53,24	22,61	4,17 ± 0,11	Uslu (1995)

3.2 LİF MORFOLOJİSİYLE İLGİLİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

Buğday saplarının çeşitli morfolojik kısımlarının lifsel yapıdaki elemanları maserasyon yöntemiyle serbest hale getirilmiştir. Bu maserasyon işleminden elde edilen liflerin lif uzunlukları, lif genişlikleri, lümen çapı ve çift çeper kalınlıkları ölçülmüştür. İlave olarak, termo-mekanik olarak elde edilen liflerin (MDF levhası yapımı için kullanılmak üzere) aynı özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.5’de görülmektedir.

Çizelge 3.5 Buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarının lif özellikleri.

Özellikler	Klorit yöntemi ile elde edilen	Termo-mekanik liflendirme ile elde edilen
Lif Uzunluğu (mm)	1,2 - 1,5	1,0-2,5
Lif genişliği (mikron)	12 - 16	10-20
Lümen Çapı (mikron)	4 - 6	3-7
Çift Çeper Kalınlığı (mikron)	7,5-11,5	6-13

İğne yapraklı ve yayvan yapraklı ağaç lifleri ile bazı yıllık bitkilere ait lif uzunluğu, lümen çapı ve lif genişlikleri Çizelge 3.6’de görülmektedir (Eroğlu, 1988).

Çizelge 3.6 İbrelî, yapraklı ve bazı yıllık bitkilerin lif özellikleri.

Tür	Lif Uzunluğu (mm)	Lümen Çapı (mikron)	Lif genişliği (mikron)	Referans
İbrelî Ağaçlar	3 - 7	-----	32 - 43	Rydholm,1965
Yapraklı Ağaçlar	0,7 - 2	-----	20 - 40	Rydholm,1965
Buğday Sapı	1,2	5,8	15,5	Eroğlu, 1980
Pamuk Sapı	1,0	11 - 23	21 - 29	Eroğlu, 1979
Şeker Kamışı	1,7	-----	20,0	İbrahi, 1975
Pirinç Sapı	2,5	-----	8,5	Rydholm,1965
Çavdar Sapı	1,1	4.2	15	Usta, 1985
Ayçiçeği Sapı	1,2	14 - 16	17 - 20	Bostancı, 1980
Tütün Sapı	1	12 - 16	22 - 26	Tank, 1985

3.3 LEVHALARIN FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

Buğday saplarından, odun ve saman-odun karışımı liflerden yapılan orta yoğunlukta lif levhaların (MDF) fiziksel ve mekanik özellikleri bölüm 2’de belirtilen ilgili TS. standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Pres sıcaklığı ve basıncı sabit tutularak tutkal miktarı ve pres süresi değiştirilerek 36 farklı özellikte levha üretilmiştir. Bunların toplam 18’i saman liflerinden, 9’u odun liflerinden ve 9’u da saman-odun karışımı liflerden üretilmiştir.

Buğday saplarından elde edilen ortalama özgül kütleleri $0,700 \text{ g/cm}^3$ olan MDF levhaların; levha kalınlıkları, özgül kütle değerleri, levha rutubet miktarları, su emme yüzdeleri, kalınlığına şişme yüzdeleri, eğilme dayanımları, eğilmede elastikiyet modülleri ve yüzeye dik çekme direnç değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Ayrıca, buğday samanı liflerinden yaklaşık özgül kütlesi $0,800 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilen MDF levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.8’de görülmektedir.

Çizelge 3.7 Buğday samanından üretilen ortalama 0.700 g/cm³ özgül kütleli MDF levhaları bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Tutkal miktarı (%)	% 8			% 10			%12		
Pres süresi (dk.)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Levha kalınlığı (mm)	6.58	6.75	6.67	6.59	6.53	6.60	6.67	6.66	6.64
Özgül kütle (g/cm ³)	0.729	0.698	0.707	0.678	0.681	0.675	0.719	0.707	0.706
Rutubet miktarı (%)	10.53	8.60	8.66	7.70	7.76	8.17	13.79	12.91	13.12
Su emme (%)	103	101	100	93	88	90	83	78	78
Kalınlığına şişme (%)	41.10	35.02	34.29	28.00	26.95	27.63	26.02	24.13	24.37
Eğilme dayanımı (N/mm ²)	19.35	26.12	26.00	25.19	32.65	31.98	30.09	33.57	29.35
Eğilmede Elastikiyet modülü (N/mm ²)	15356	18326	18421	21045	25765	24781	22596	29351	29120
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)	0.635	0.655	0.660	0.720	0.735	0.735	0.750	0.805	0.795

Çizelge 3.8 Buğday samanından üretilen ortalama 0.800 g/cm³ özgül kütleli MDF levhalarına ait bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Tutkal miktarı (%)	% 8			% 10			%12		
Pres süresi (dk.)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Levha kalınlığı (mm)	6.77	6.86	6.90	6.58	6.60	6.73	6.64	6.65	6.60
Özgül kütle (g/cm ³)	0.825	0.810	0.811	0.832	0.825	0.823	0.835	0.829	0.833
Rutubet miktarı (%)	7.28	7.29	6.67	14.89	14.39	13.58	8.96	12.59	12.41
Su emme (%)	79	77	76	60	58	59	58	55	53
Kalınlığına şişme (%)	32.61	31.93	29.82	28.16	25.98	26.42	21.85	21.49	20.74
Eğilme dayanımı (N/mm ²)	23.30	25.37	24.57	28.31	34.02	31.73	33.72	36.75	34.98
Eğilmede Elastikiyet modülü (N/mm ²)	18955	20324	21632	28411	25739	30561	29971	31891	31621
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)	0.673	0.685	0.680	0.740	0.750	0.743	0.763	0.820	0.790

Yapılan çalışmalarda odun liflerinden elde edilen ortalama 0,800 g/cm³ özgül kütleli MDF levhalarının; levha kalınlıkları, özgül kütle değerleri, levha rutubet miktarları, su emme yüzdeleri, kalınlığına şişme yüzdeleri, eğilme dayanımları,

eğilmede elastikiyet modülleri ve yüzeye dik çekme direnç değerleri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Odun liflerinden üretilen 0,800 g/cm³ özgül kütleli MDF levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Tutkal miktarı (%)	% 8			% 10			%12		
Pres süresi (dk.)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Levha kalınlığı (mm)	6.67	6.70	6.81	6.41	6.71	6.57	6.53	6.59	6.64
Özgül kütle (g/cm ³)	0.844	0.849	0.841	0.842	0.834	0.830	0.843	0.826	0.840
Rutubet miktarı (%)	13.77	11.18	9.76	11.80	11.80	9.21	12.46	12.09	12.71
Su emme (%)	24	23	24	23	22	22	22	19	16
Kalınlığına şişme (%)	13.15	12.47	12.79	12.87	11.17	10.11	9.52	7.82	7.60
Eğilme dayanımı (N/mm ²)	28.15	30.87	28.06	30.93	34.72	35.60	37.46	40.47	40.68
Eğilmede Elastikiyet modülü (N/mm ²)	21303	23107	23054	21370	26248	25117	28194	32368	32596
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)	0.725	0.780	0.763	0.815	0.840	0.828	0.865	0.903	0.890

Saman-odun liflerinin değişik oranlarda (%30 saman lifi + %70 odun lifi, %50 saman lifi + %50 odun lifi, %70 saman lifi + %30 odun lifi) karıştırılmasıyla elde edilen ortalama 0,800 g/cm³ özgül kütleli MDF levhalarının; levha kalınlıkları, özgül kütle değerleri, levha rutubet miktarları, su emme yüzdeleri, kalınlığına şişme yüzdeleri, eğilme dayanımları, eğilmede elastikiyet modülleri ve yüzeye dik çekme direnç değerleri Çizelge 3.10'da görülmektedir.

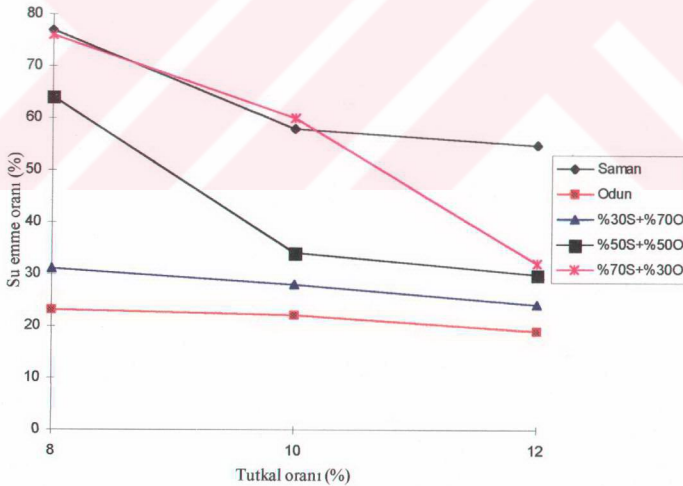
Çizelge 3.10 Saman-odun karışımından elde edilen ortalama 0,800 g/cm³ özgül kütleli MDF levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Saman + odun karışım yüzdesi (%)	30 + 70			50 + 50			70 + 30		
Pres süresi (dk.)	6			6			6		
Tutkal miktarı (%)	8	10	12	8	10	12	8	10	12
Levha kalınlığı (mm)	6.67	6.64	6.53	6.72	6.69	6.51	6.69	6.71	6.54
Özgül kütle (g/cm ³)	0.836	0.832	0.831	0.811	0.830	0.825	0.820	0.828	0.834
Rutubet miktarı (%)	9.88	13.63	13.81	7.40	13.33	10.23	9.36	11.25	11.44
Su emme (%)	31	28	24	64	34	30	76	60	32
Kalınlığına şişme (%)	13.36	12.57	9.61	20.58	17.92	16.79	31.77	21.09	17.02
Eğilme dayanımı (N/mm ²)	30.35	36.14	39.61	28.22	38.90	42.22	26.99	32.17	38.68
Eğilmede Elastikiyet modülü (N/mm ²)	23519	25566	32634	23606	28709	31706	22602	23968	30551
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)	0.805	0.850	0.888	0.790	0.838	0.858	0.748	0.775	0.825

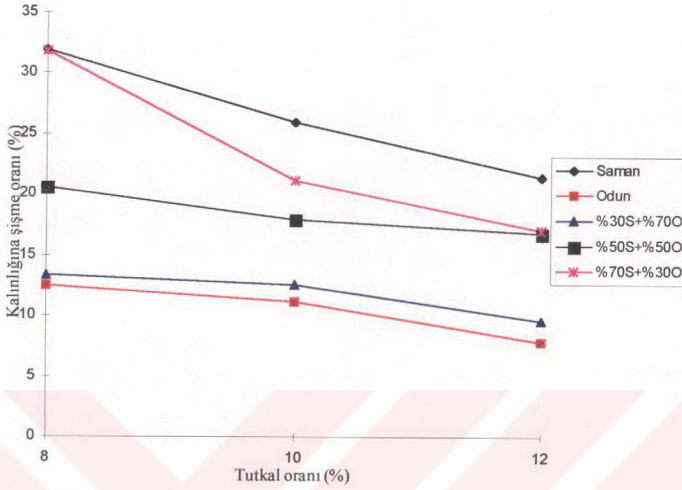
Yapılan deneyler sonucunda 0.800g/cm³ özgül kütleli saman, odun ve saman-odun karışımı liflerden 6 dakikalık pres süresi, 150°C sıcaklık ve 200-220 kp/cm² pres basıncı kullanılarak elde edilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin (su emme ve kalınlığına şişme oranları, eğilme dayanımları, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik yönde çekme direnç değerleri) karşılaştırılmalı olarak Çizelge 3.11’de verilmiştir. Ayrıca, saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm³ özgül kütle MDF levhaların su emme oranları Şekil 3.1’de, kalınlığına şişme oranları Şekil 3.2’de, eğilme dayanımları Şekil 3.3’de, eğilmede elastikiyet modülü Şekil 3.4’de ve yüzeye dik yönde çekme direnç değerleri ise Şekil 3.5’de grafiksel olarak görülmektedir.

Çizelge 3.11 Saman, odun ve saman-odun karışımı liflerden elde edilen MDF 0.800 g/cm³ özgül kütleli levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.

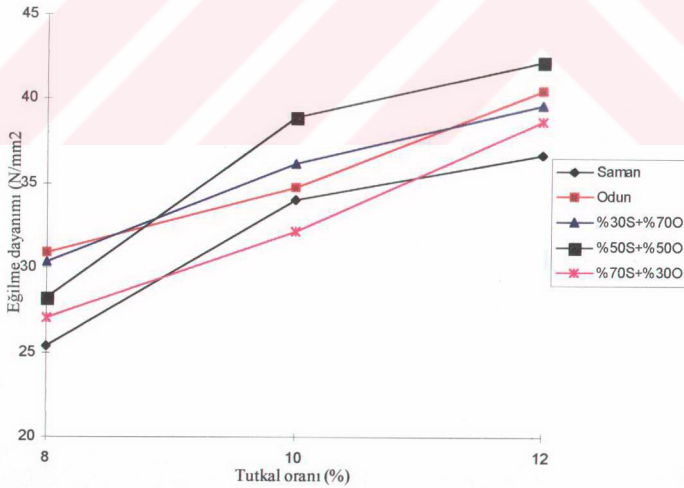
Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Tutkal (%)	Saman	Odun	Saman + Odun (%)		
				30+70	50+50	70+30
Su emme yüzdesi (%)	8	77	23	31	64	76
	10	58	22	28	34	60
	12	55	19	24	30	32
Kalınlığına şişme (%)	8	31,93	12,47	13,36	20,58	31,77
	10	25,98	11,17	12,57	17,92	21,09
	12	21,49	7,82	9,61	16,79	17,02
Eğilme dayanımı (N/mm ²)	8	25,37	30,87	30,35	28,22	26,99
	10	34,02	34,72	36,14	38,90	32,17
	12	36,75	40,47	39,61	42,22	38,68
Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm ²)	8	20324	23107	23519	23606	22602
	10	25739	26248	25566	28709	23968
	12	31831	32368	32634	31706	30551
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)	8	0,685	0,780	0,805	0,790	0,748
	10	0,750	0,840	0,850	0,838	0,777
	12	0,820	0,903	0,888	0,858	0,825



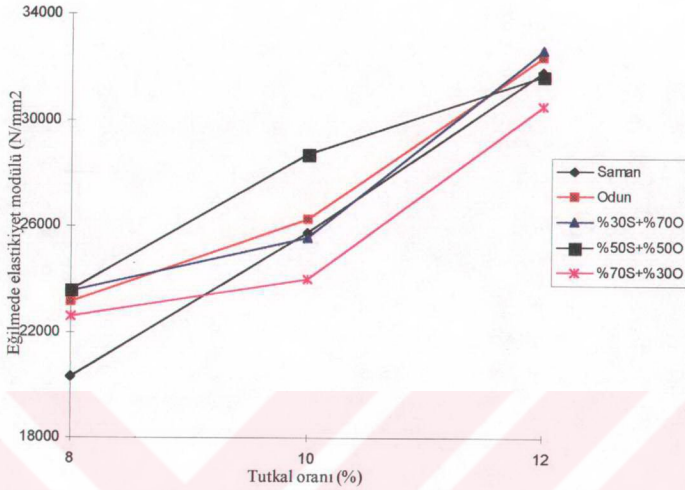
Şekil 3.1 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm³ özgül kütle MDF levhaların su emme oranları.



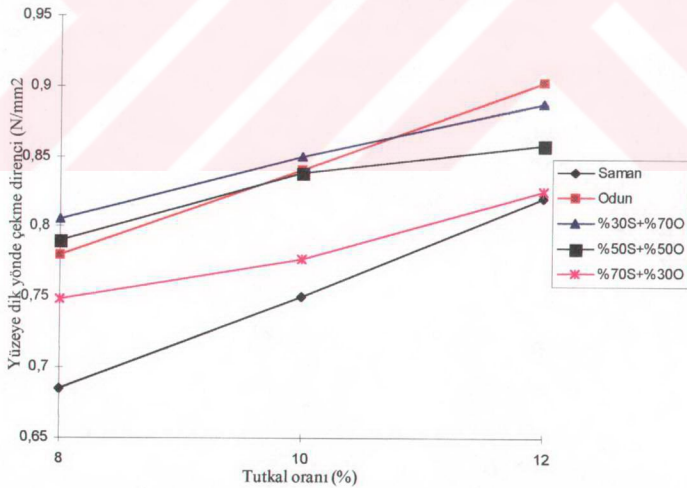
Şekil 3.2 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm³ özgül kütle MDF levhaların kalınlığına şişme oranları.



Şekil 3.3 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm³ özgül kütle MDF levhaların eğilme dayanımı.



Şekil 3.4 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm^3 özgül kütle MDF levhaların eğilmede elastikiyet modülü.



Şekil 3.5 Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından elde edilen ortalama 0.800 g/cm^3 özgül kütle MDF levhaların yüzeye dik çekme direnci.

TS 3640/Temmuz (1981) belirtilen odun lifi levhaların genel amaçlar için kullanılan orta sert lif levhaların su emme yüzdesi en çok %40 ve kalınlığına şişme yüzdeleri en çok %20 olarak belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda 0,800 g/cm³ özgül kütleye sahip saman MDF levhaları, %12 tutkal ve 7 dakika pres süresi şartlarında en iyi su emme oranı %53, kalınlığına şişme oranını ise %20,74'dür. Aynı şartlarda odun liflerinden elde edilen levhalarda ise su emme yüzdesi %16, kalınlığına şişme yüzdesi %7,60 olarak bulunmuştur.

3.4 İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMELER

Yapılan çalışmaların sonuçları varyans ve regresyon analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

3.4.1 Varyans Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmalarda, buğday samanı liflerinden elde edilen MDF levhaları ile odun liflerinden elde edilen MDF levhaları bazı fiziksel (su emme ve kalınlığına şişme yüzdeleri) ve mekanik özellikleri (eğilme dayanımı, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme dirençleri) yönünden karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda çoğul varyans ve çift girişli varyans analizleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için Duncan test yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, etkileşimler grafikler halinde verilmiştir.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman lifleri ile odun liflerinden elde edilen levhaların su emme yüzdeleri ile ilgili hammadde çeşidi ve tutkal oranları arasında $\alpha=0.01$, presleme süreleri arasında $\alpha=0.05$ yanılma olasılığıyla fark olduğu belirlenmiştir. Su emme yüzdelerine göre elde edilen çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.12’de görülmektedir.

Çizelge 3.12 Saman ve odun MDF levhalarının su emme yüzdelerine göre çoğul varyans analiz sonuçları.

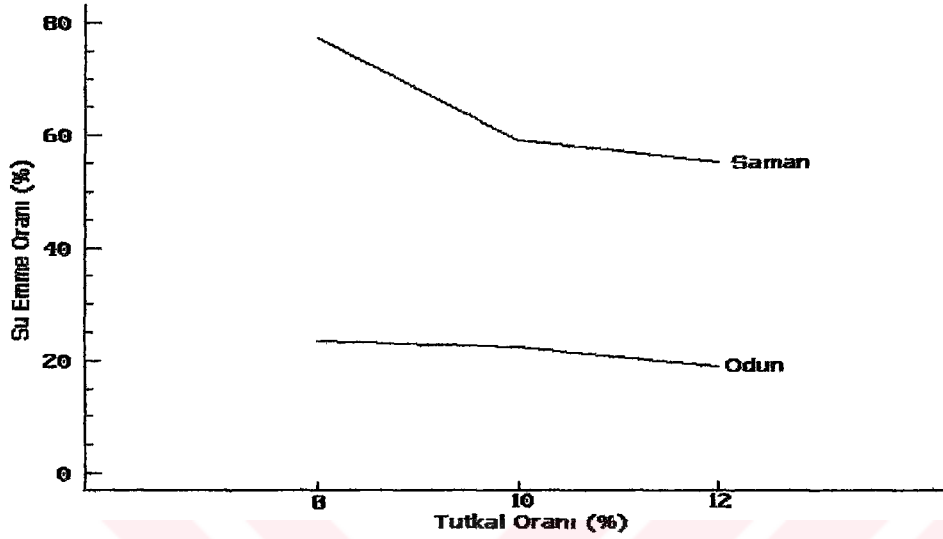
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Hammadde çeşidi (A)	1	8022.222	8022.22	12556.522**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	573.444	286.722	448.783**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	23.111	11.555	18.087*	6,945	18,001
A X B	2	294.777	147.388	230.696**	6,945	18,001
A X C	2	0.444	0.222	0.348	6,945	18,001
B X C	4	12.555	3.138	4.913	6,388	15,978
Deneysel Hata	4	2.555	0.638			
Toplam	17					

Aynı koşullarda elde edilen odun ile saman levhalarının su emme yüzdeleri yönünden karşılaştırılmasında hammadde çeşitlerinin, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13 Saman ve odun karışımı MDF levhaları su emme yüzdelerine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			Saman	Odun	
Hammadde Çeşidi	Saman lifi	42.222			
	Odun lifi		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	9.833			
	%10	13.333	1		
	%12	3.500	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	2.000			
	6 dk.	2.667	5		
	7 dk.	0.667	1	0	

Saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların hammadde çeşidi ile tutkal oranlarının su emme yüzdeleri üzerine olan etkileşimi Şekil 3.6’da görülmektedir.



Şekil 3.6 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait su emme yüzdelerinin tutkal oranına göre değişimi.

Saman ve odun liflerinden aynı özgül kütleli %8, %10 ve %12 tutkal kullanılarak hazırlanan ve pres süresi 5 dakika, 6 dakika ve 7 dakika olan levhaların su emme değerleri incelendiğinde saman levhasının odun levhasına göre daha fazla su emdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, her iki levha içinde tutkal miktarı arttıkça su emme değerleri azalmıştır. %10 ile %12’lik tutkal miktarları arasında büyük bir fark olmadığı belirlenmiştir. En düşük su emme değeri odun MDF levhalarında %12 tutkal oranında bulunmuştur. Pres süreleri için 5 ile 6 dakika arasında $\alpha=0.05$, 5 ile 7 dakika arasında $\alpha=0.01$ önem düzeyinde farkın belirgin olduğu ve 6 ile 7 dakikalık pres süresi arasında istatistiksel olarak farkın belirgin olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların kalınlığına şişme yüzdeleri için hammadde çeşidi, tutkal oranı ve presleme süreleri arasındaki etkileşimler belirlenmiştir. Kalınlığına şişme yüzdelerine göre elde edilen çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.14’de görülmektedir.

Çizelge 3.14 Saman ve odun MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelerine göre çoğul varyans analiz sonuçları.

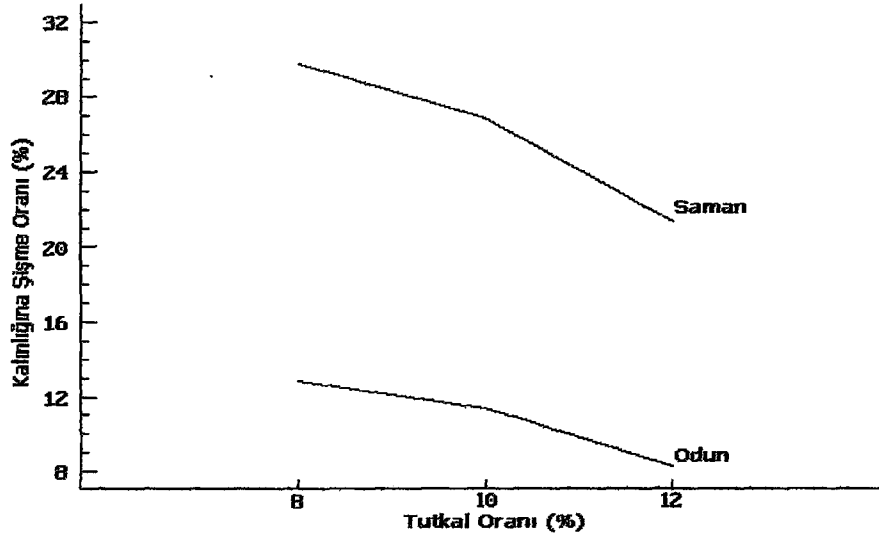
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Hammadde çeşidi (A)	1	1035,125	1035,125	3935,338**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	129,561	64,780	246,283**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	8,021	4,010	15,247*	6,945	18,001
A X B	2	11,830	5,915	22,488**	6,945	18,001
A X C	2	0,242	0,121	0,460	6,945	18,001
B X C	4	1,714	0,428	1,629	6,388	15,978
Deneysel Hata	4	1,052	0,263			
Toplam	17					

Saman ve odun levhalarının karşılaştırılmasında hammadde çeşitlerinin, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Saman ve odun MDF levhaların kalınlığına şişme yüzdelerine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			Saman	Odun	
Hammadde Çeşidi	Saman lifi	15.167			
	Odun lifi		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	2.176			
	%10	6.458	1		
	%12	4.282	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	1.383			
	6 dk.	1.446	1		
	7 dk.	0.063	1	0	

Saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların kalınlığına şişme değerlerine ait hammadde çeşidi ile tutkal yüzdeleri etkileşimi Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdelерinin hammadde ve tutkal etkileşimleri.

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi kalınlığına şişme değerleri odun levhalarında saman levhalarına göre daha düşüktür. Bunun nedeninin hidrofil bir madde olan hemiselülozun buğday saplarında odundan daha yüksek olmasıdır. Bununla birlikte, su emme yüzdelерinde olduğu gibi her iki levha için tutkal miktarları arttıkça kalınlığına şişme değerleri azalmıştır. 5 ile 6 ve 5 ile 7 dakikalık pres süreleri arasında $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla belirgin bir fark bulunmuş, buna karşılı, 6 ile 7 dakikalar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların eğilme dayanımları hammadde çeşidi ve tutkal yüzdeleriyle $\alpha=0.01$, presleme süreleri ile $\alpha=0.05$ önem düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir. Eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.16’da görülmektedir.

Çizelge 3.16 Saman ve odun MDF levhalarının eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları.

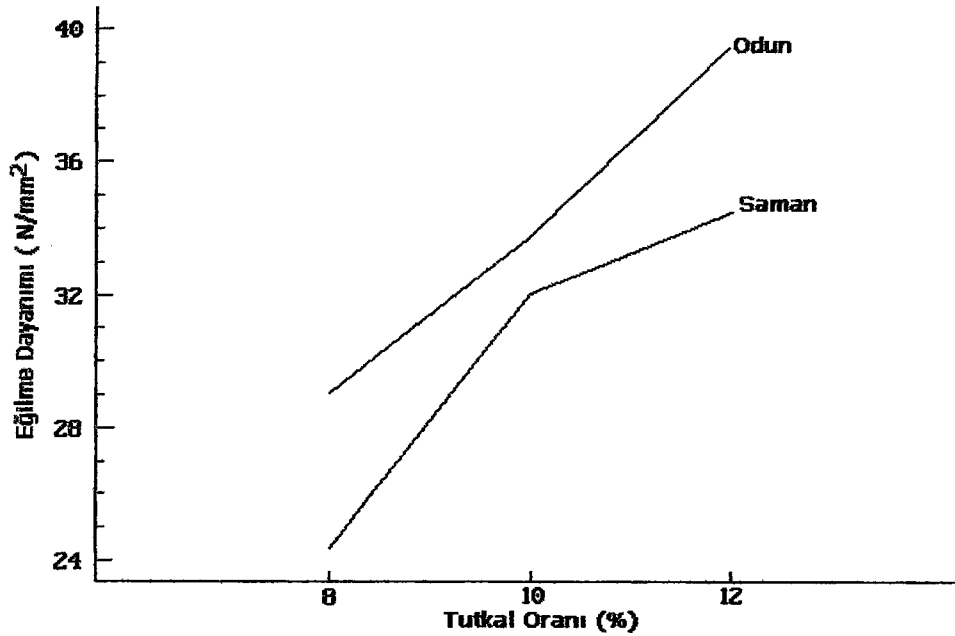
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Hammadde çeşidi (A)	1	64.942	64.942	29.547**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	321.813	160.906	73.208**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	35.870	17.935	8.160*	6,945	18,001
A X B	2	9.775	4.887	2.224	6,945	18,001
A X C	2	0.830	0.415	0.189	6,945	18,001
B X C	4	11.342	2.835	1.290	6,388	15,978
Deneyisel Hata	4	8.791	2.197			
Toplam	17					

Saman ve odun levhalarının karşılaştırılmasında hammadde çeşitlerinin, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Saman ve odun MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			Saman	Odun	
Hammadde Çeşidi	Saman lifi	3.798			
	Odun lifi		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	6.165			
	%10	10.290	1		
	%12	4.125	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	3.388			
	6 dk.	2.291	5		
	7 dk.	1.096	0	0	

Saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların eğilme dayanımı değerlerine ait hammadde çeşidi ile tutkal yüzdeleri etkileşimi Şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına göre değişimi.

Saman ve odun levhaları karşılaştırıldığında saman levhalarının eğilme dayanımlarının daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni buğday saplarında hemiselüloz oranının yüksek olmasından dolayı daha iyi bağ oluşturmaya ve ince uzun liflere sahip olmasına bağlanabilir. En yüksek eğilme dayanımı değeri %12 üre formaldehit tutkal seviyesinde saman levhalarında bulunmuştur. Ayrıca, tutkal miktarındaki artış eğilme dayanımı değerlerini arttırmıştır. Pres süresi 5 ile 6 dakikalar için $\alpha=0.01$ önem düzeyinde anlamlıdır. Pres süresinin artışı istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların elastikiyet modülü ile ilgili değerler üzerinde etkili olan hammadde çeşidi ve tutkal oranları arasında $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla, presleme süreleri

arasında ise $\alpha=0.05$ yanılma olasılığıyla fark olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet modülü ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.18’de görülmektedir.

Çizelge 3.18 Saman ve odun MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait çoğul varyans analiz sonuçları.

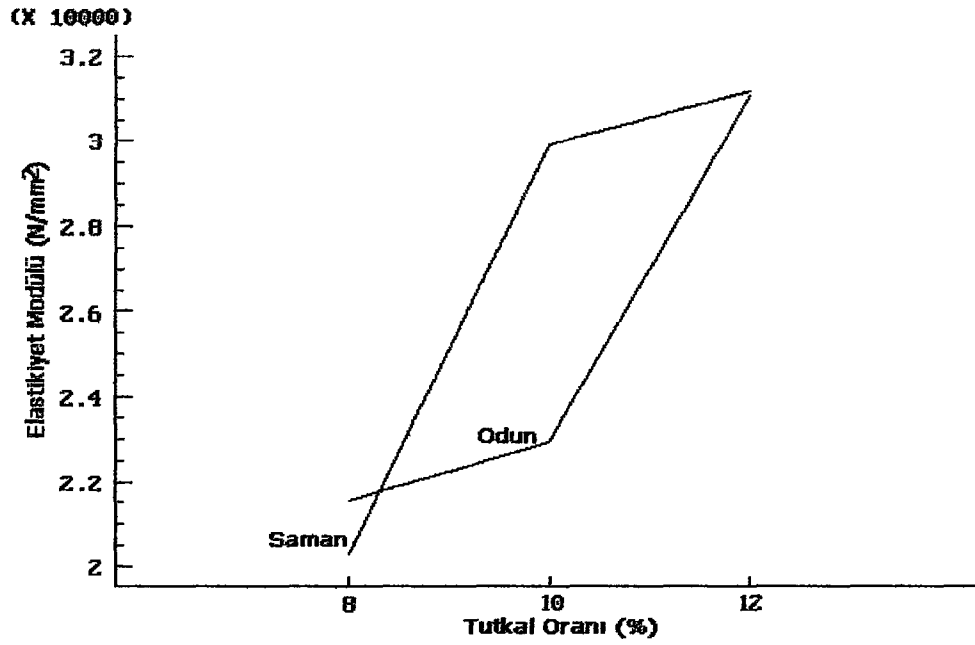
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Hammadde çeşidi (A)	1	1.7107E0007	1.7107E0007	18.360**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	3.1136E0008	1.5568E0008	167.080**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	2.2595E0007	1.1298E0007	12.125*	6,945	18,001
A X B	2	58589851	29294926	31.440*	6,945	18,001
A X C	2	2166328	1083164	1.162	6,945	18,001
B X C	4	64446157	1111539	1.163	6,388	15,978
Deneyisel Hata	4	3727099.2	931774.81			
Toplam	17					

Saman ve odun levhalarının karşılaştırılmasında hammadde çeşitlerinin, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19 Saman ve odun MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			Saman	Odun	
Hammadde Çeşidi	Saman lifi	3.798			
	Odun lifi		5		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	6.165			
	%10	10.290	1		
	%12	4.125	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	3.388			
	6 dk.	2.291	5		
	7 dk.	1.096	1	0	

Saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların elastikiyet modülü değerlerine ait hammadde çeşidi ile tutkal yüzdelerindeki değişimin etkileşimi Şekil 3.9’da görülmektedir.



Şekil 3.9 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait elastikiyet modülü üzerine tutkal oranının etkisi.

Saman levhalarına ait elastikiyet modülü %8 tutkal seviyesinde odun levhalarından düşük olduğu halde tutkal miktarı %10 olduğunda odun levhalarından daha yüksektir. %12 tutkal kullanılmasında elastikiyet modülü saman ve odun levhaları için aynı değerleri verdiği belirlenmiştir. Tutkal miktarının elastikiyet modülü değerleri üzerinde etkili olduğu, hammadde çeşidinin çok önemli olmadığı ve pres sürelerinin 6 dakikadan fazla olmasının etkili olmadığı gözlenmiştir. Nedeni, tutkal miktarı artmasıyla oluşan bağ oranı artmasına bağlıdır.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman ve odun liflerinden elde edilen levhaların yüzeye dik çekme direnci hammadde türü, tutkal yüzdesi ve presleme süreleri arasında $\alpha=0.01$ önem düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir. Yüzeye dik

çekme direnci değerleri ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.20’de görülmektedir.

Çizelge 3.20 Saman ve odun MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait çoğul varyans analiz sonuçları.

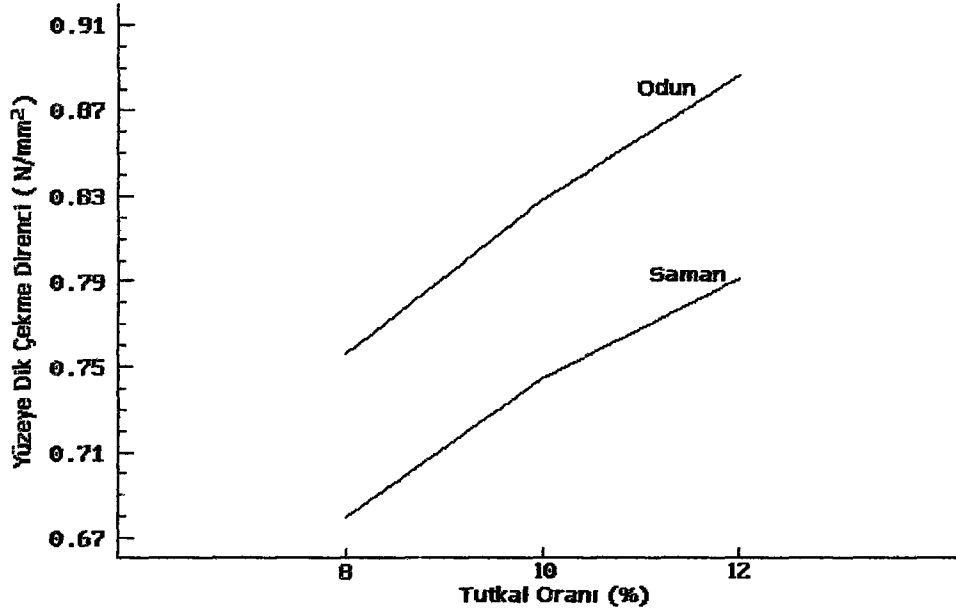
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Hammadde çeşidi (A)	1	0.0325	0.0325	265.048**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	0.0441	0.0220	179.563**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	0.0033	0.001628	13.278*	6,945	18,001
A X B	2	2.5833E-004	1.2916E-004	1.053	6,945	18,001
A X C	2	1.6900E-004	8.4500E-005	0.689	6,945	18,001
B X C	4	4.7888E-00.4	1.1972E-004	0.976	6,388	15,978
Deneysel Hata	4	4.9066E-004	1.2266E-004			
Toplam	17					

Saman ve odun levhalarında hammadde çeşitlerinin, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.21’de verilmiştir.

Çizelge 3.21 Saman ve odun MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			Saman	Odun	
Hammadde Çeşidi	Saman lifi	0.085			
	Odun lifi		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	0.063			
	%10	0.120	1		
	%12	0.052	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	0.032			
	6 dk.	0.018	1		
	7 dk.	0.014	5	0	

Saman ve odun liflerinden yapılan levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine tutkal yüzdelerinin etkisi Şekil 3.10’da görülmektedir.



Şekil 3.10 Saman ve odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine tutkal oranındaki değişimin etkisi.

Saman ve odun levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri tutkal miktarı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Pres sürelerinin 5 ile 6 dakika arasında $\alpha=0.01$, 5 ile 7 dakikalar arasında $\alpha=0.05$ önem düzeyinde belirgin bir fark olduğu tespit edilmiştir, buna karşılık 6 ile 7 dakika arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Buğday samanı liflerinden elde edilen farklı özgül kütleli MDF levhaların su emme yüzdelerine ait değerler üzerinde etkili olan özgül kütle farkı, tutkal oranı ve presleme süreleri arasında yapılan çoğul varyans analizi sonucunda $\alpha=0.01$ yanılma olasılığı ile fark olduğu belirlenmiştir. Bu levhaların su emme yüzdeleri ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.22’de görülmektedir.

Çizelge 3.22 Saman MDF levhalarının su emme yüzdelerine ait çoğul varyans analiz sonuçları.

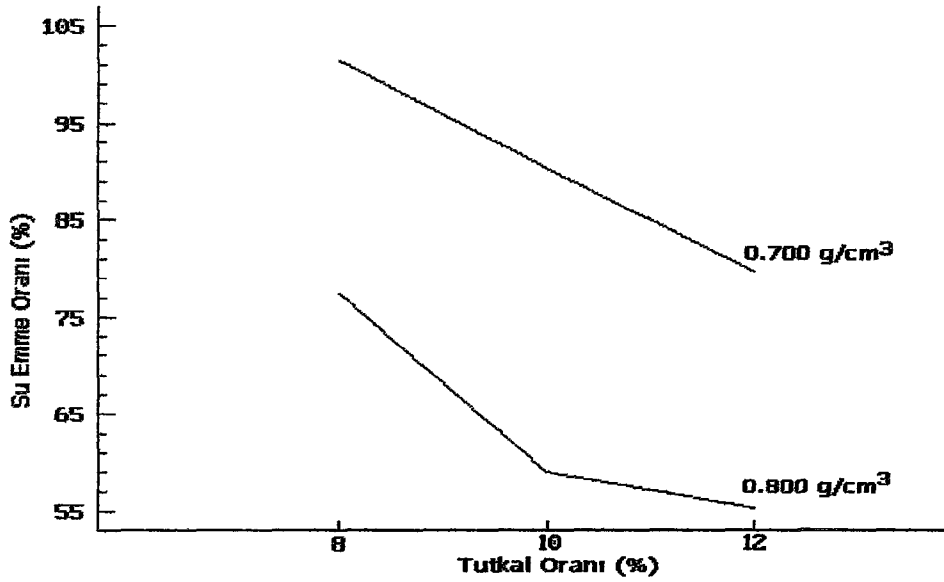
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Özgöl kütle (A)	1	3173.388	3173.388	8160.143**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	1486.333	743.166	1911.000**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	42.333	21.166	54.429**	6,945	18,001
A X B	2	51.444	25.722	66.143**	6,945	18,001
A X C	2	2.111	1.055	2.714	6,945	18,001
B X C	4	7.333	1.833	4.714	6,388	15,978
Deneysel Hata	4	1.555	0.388			
Toplam	17					

Aynı koşullarda elde edilen farklı özgül kütleli saman levhalarının karşılaştırılmasında özgül kütle farkının, tutkal yüzdesinin ve pres sürelerinin su emme yüzdeleri üzerinde etkisinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.23’de verilmiştir.

Çizelge 3.23 Saman MDF levhalarının su emme yüzdelerine ait Duncan testi sonuçları

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			0.700	0.800	
Özgül kütle (g/cm ³)	0.700	26.556			
	0.800		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	14.667			
	%10	21.833	1		
	%12	7.167	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	3.167			
	6 dk.	3.333	1		
	7 dk.	0.166	1	0	

Saman liflerinden farklı özgül kütlelerde elde edilen MDF levhalarının su emme oranı üzerine tutkal yüzdesi değişiminin etkisi Şekil 3.11’ de görülmektedir.



Şekil 3.11 Farklı özgül kütlede elde edilen saman MDF levhalarına ait su emme yüzdeleri üzerine tutkal oranı değişiminin etkisi.

Buğday samanı liflerinden farklı özgül kütleli, %8, %10 ve %12 üre formaldehit tutkalı kullanılarak hazırlanan ve pres süresi 5 dakika, 6 dakika ve 7 dakika olan levhaların su emme değerleri incelendiğinde yoğunluğu düşük olan levhaların daha fazla şiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, her iki levha içinde tutkal miktarı arttıkça su emme değerleri azalmıştır. En düşük su emme değeri %12 tutkal kullanıldığında elde edilmiştir. Ayrıca, 0.800 g/cm³ özgül kütleli levhaların %10 ile %12'lik tutkal miktarları arasında büyük bir fark olmadığı belirlenmiştir. Pres süreleri arasında 5 ile 6 dakika ve 5 ile 7 dakika pres süreleri arasında $\alpha=0.01$ önem düzeyinde belirgin fark bulunmuş, buna karşılık 6 ile 7 dakika süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Aynı koşullarda elde edilen buğday samanı liflerinden yapılan farklı özgül kütleli MDF levhaları karşılaştırılmıştır. Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda

levhaların kalınlığına şişme yüzdeleri üzerinde etkili olan değişkenler tutkal oranı ve özgül kütle değerleri arasında $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla fark olduğu, presleme süreleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Kalınlığına şişme yüzdelerine göre elde edilen çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.24’de görülmektedir.

Çizelge 3.24 Buğday samanından yapılan MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelerine göre çoğul varyans analiz sonuçları.

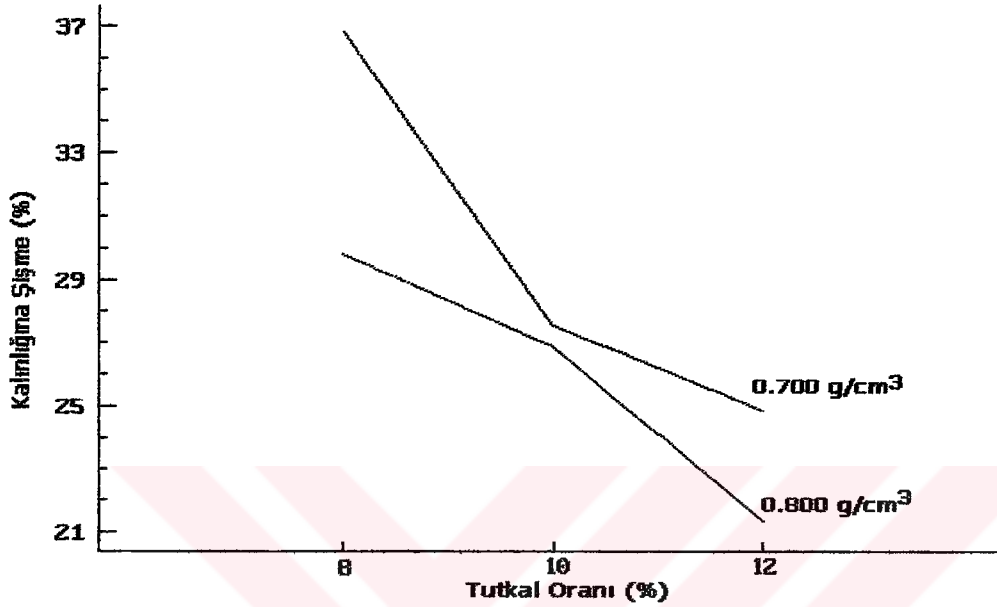
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Özgül kütle (A)	1	62.384	62.384	30.973**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	315.874	157.937	78.414**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	18.410	9.205	4.570	6,945	18,001
A X B	2	30.311	15.155	7.525*	6,945	18,001
A X C	2	2.784	1.392	0.691	6,945	18,001
B X C	4	6.103	1.525	0.758	6,388	15,978
Deneyisel Hata	4	8.056	2.014			
Toplam	17					

Buğday samanından farklı özgül kütleli MDF levhaların kalınlığına şişme yüzdeleri karşılaştırılmasında özgül kütle farkının, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerinde farkın belirgin olduğu yapılan Duncan testi sonucunda bulunmuş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.25’de verilmiştir.

Çizelge 3.25 Saman MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelerine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			0.700	0.800	
Özgül kütle (g/cm ³)	0.700	3.733			
	0.800		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	6.105			
	%10	10.195	1		
	%12	4.090	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	2.206			
	6 dk.	2.078	0		
	7 dk.	0.128	0	0	

Saman liflerinden elde edilen levhaların kalınlığına şişme değerleri üzerine tutkal yüzdelerindeki değişimin etkisi Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12 Farklı özgül kütlede elde edilen saman MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdeleri üzerine tutkal oranının etkisi.

0.800 g/cm³ özgül kütleli saman MDF levhalarının kalınlığına şişme değerlerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca, su emme yüzdelerinde olduğu gibi tutkal miktarları arttıkça kalınlığına şişme değerleri iyileştiği belirlenmiştir. En iyi kalınlığına şişme değerleri %12 üre formaldehit tutkalı kullanılarak 0.800 g/cm³ özgül kütleli levhalar vermiştir. Ayrıca, pres sürelerinin kalınlığına şişme üzerinde %5 yanılma olasılığıyla istatistiksel olarak etkili olmadığı belirlenmiştir.

Saman liflerinden üretilen farklı özgül kütleli MDF levhaların eğilme dayanımları ile ilgili yapılan çoğul varyans analizinde tutkal yüzdesinin $\alpha=0.01$, pres süresinin $\alpha=0.05$ önem düzeyinde anlamlı olduğu, buna karşın özgül kütle farkının

istatistiksel olarak anlamsız olduğu bulunmuştur. Eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.26’da görülmektedir.

Çizelge 3.26 Buğday samanından elde edilen MDF levhalarının eğilme dayanımları ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları.

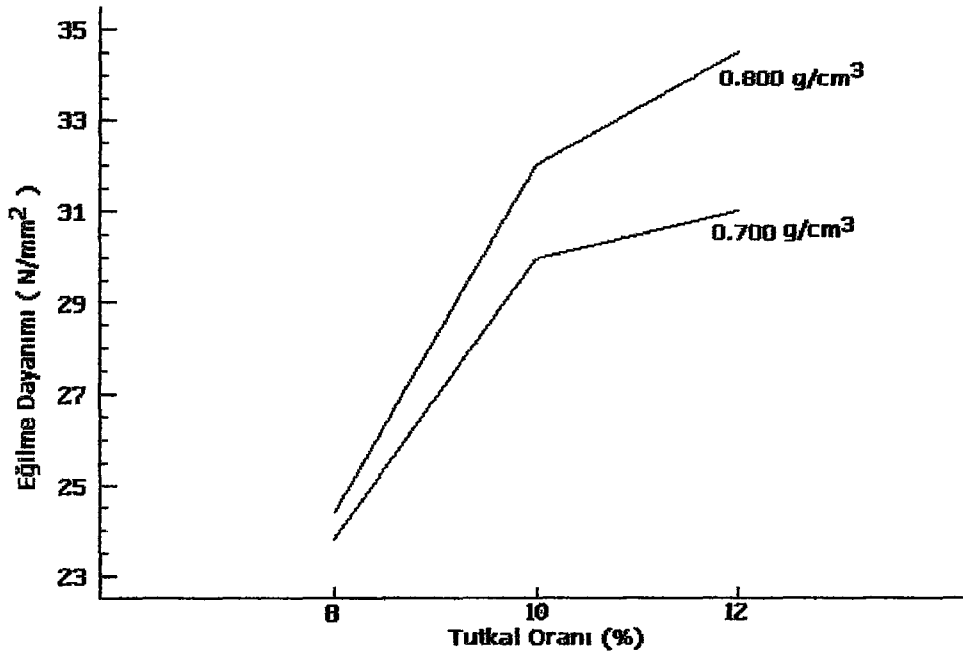
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Özgül kütle (A)	1	18.911	18.911	6.071	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	249.164	124.582	39.994**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	69.923	34.961	11.224*	6,945	18,001
A X B	2	6.266	3.133	1.006	6,945	18,001
A X C	2	5.177	2.588	0.831	6,945	18,001
B X C	4	19.613	4.903	1.574	6,388	15,978
Deneyisel Hata	4	12.460	3.115			
Toplam	17					

Saman levhalarının eğilme dayanımları karşılaştırıldığında, özgül kütle farkının, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde farklı olduğu yapılan Duncan testi sonucunda bulunmuş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.37’de verilmiştir.

Çizelge 3.27 Saman MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			0.700	0.800	
Özgül kütle (g/cm ³)	0.700	2.050			
	0.800		0		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	6.862			
	%10	8.625	1		
	%12	1.763	1	0	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	4.753			
	6 dk.	3.108	5		
	7 dk.	1.645	5	0	

Samandan elde edilen lifler kullanılarak farklı özgül kütlelerde üretilen MDF levhaların eğilme dayanımlarının tutkal oranına bağlı olarak değerlendirilmesi Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.13 Farklı özgül kütleli MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına bağlı olarak değişimi.

Farklı özgül kütleli saman MDF levhaların eğilme dayanımı değerleri, tutkal miktarları arttıkça arttığı, %10 ile %12 üre formaldehit tutkal seviyesinde fazla değişmediği görülmüştür. Pres süreleri arasında 5 ile 6 dakika ile 5 ile 7 dakikalık süreler için $\alpha=0,05$ yanılma olasılığıyla belirgin fark olduğu, 6 ile 7 dakika süreleri arasında belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman liflerinden kuru yöntemle elde edilen farklı özgül kütleli MDF levhalarının elastikiyet modülü ile ilgili değerler üzerinde etkili olan özgül kütle farkı, tutkal yüzdeleri ve presleme süreleri arasında $\alpha=0,01$ yanılma olasılığıyla belirgin fark olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet modülü ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.28’de görülmektedir.

Çizelge 3.28 Saman MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait çoğul varyans analiz sonuçları.

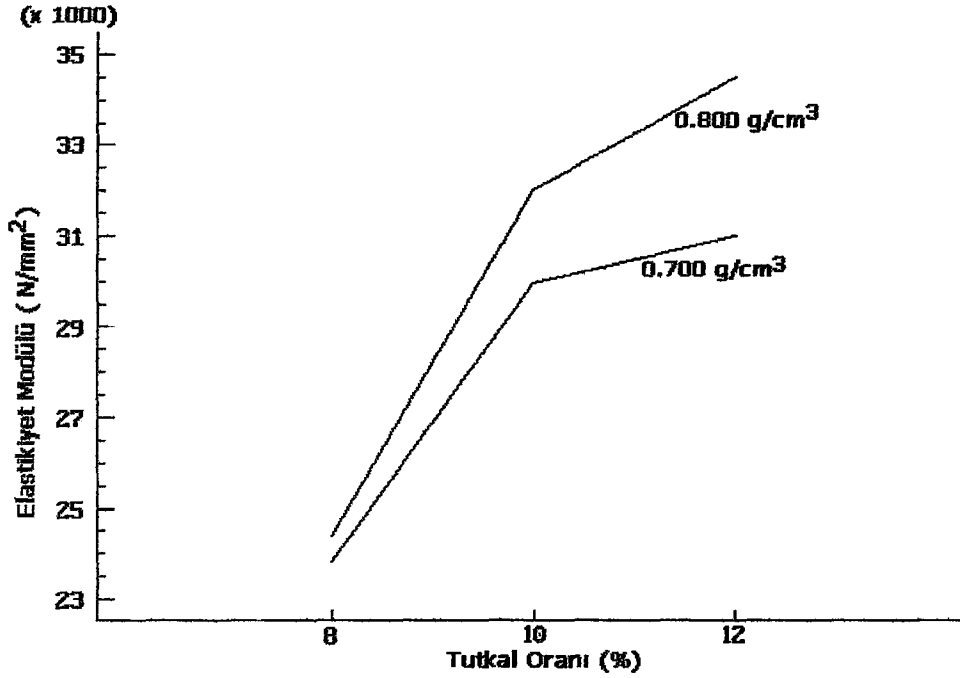
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Özgül kütle (A)	1	8.5997E007	8.5997E007	119.71**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	3.4966E008	1.7483E008	242.680**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	4.4148E007	2.2074E007	30.641**	6,945	18,001
A X B	2	7348145.8	3674072.9	5.100	6,945	18,001
A X C	2	7152727.1	3576363.6	4.964	6,945	18,001
B X C	4	2811020.7	702755.2	0.975	6,388	15,978
Deneyysel Hata	4	2881678.2	720419.56			
Toplam	17					

Buğday samanından yapılan farklı özgül kütleli MDF levhalarının karşılaştırılmasında tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde belirgin olduğu yapılan Duncan testi sonucunda bulunmuş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.29’da verilmiştir.

Çizelge 3.29 Samandan yapılan MDF levhalarının elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			0.700	0.800	
Özgül kütle (g/cm ³)	0.700	4371.56			
	0.800		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	8048.00			
	%10	10256.00	1		
	%12	2208.00	1	5	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	3343.67			
	6 dk.	3300.33	1		
	7 dk.	43.33	1	0	

Farklı özgül kütlelerde, saman lifi kullanılarak elde edilen MDF levhaların elastikiyet modülünün tutkal oranına bağlı olarak değişimi Şekil 3.14’de görülmektedir.



Şekil 3.14 Samandan farklı özgül kütlelerde elde edilen MDF levhalarına ait elastikiyet modülünün tutkal oranına göre değişimi.

Saman levhalarına ait elastikiyet modülü farklı özgül kütleli levhalar arasında $\alpha=0.01$ anlam düzeyinde belirgin fark olduğu tespit edilmiştir. Tutkal miktarının artmasıyla levhaların elastikiyet modülleri arttığı görülmüştür. Ayrıca, tutkal miktarı %10 ile %12 arasında fazla değişmediği görülmüştür. Tutkal miktarının elastikiyet modülü değerleri üzerinde etkili olduğu, pres süresinin fazla etkili olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan çoğul varyans analizi sonucunda saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direnç değerleri üzerinde etkili olan levha yoğunluğu, tutkal yüzdesi ve presleme süreleri arasında $\alpha=0.01$ önem düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direnci değerleri ile ilgili çoğul varyans analiz sonuçları Çizelge 3.30'da görülmektedir.

Çizelge 3.30 Saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait çoğul varyans analiz sonuçları.

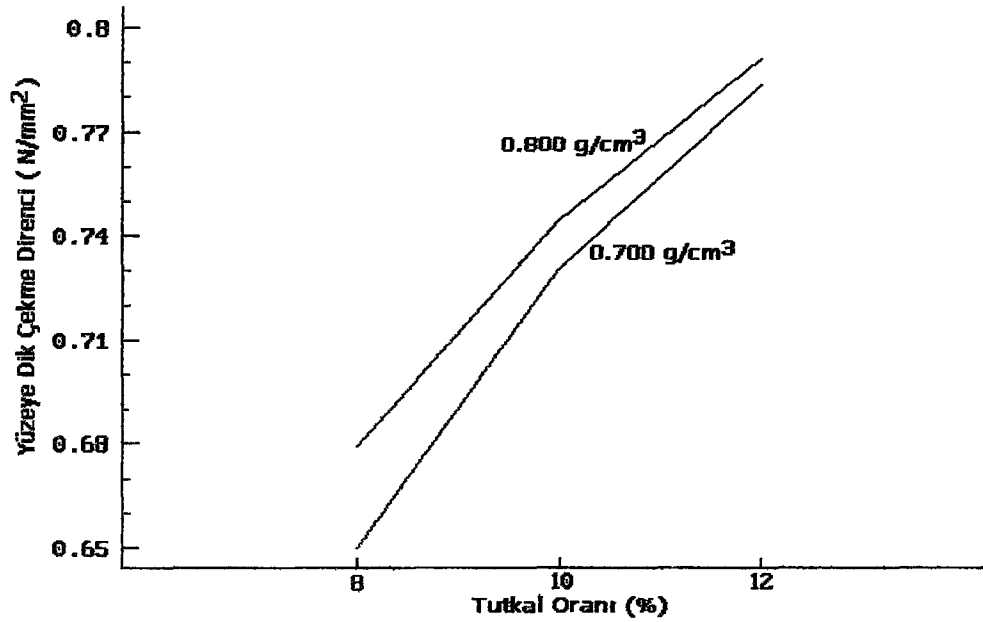
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Özgül kütle (A)	1	0.0013	0.0013	186.740**	7,710	21,200
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	0.0455	0.0227	3226.181**	6,945	18,001
Pres süresi (C)	2	0.0025	0.0012	179.740**	6,945	18,001
A X B	2	0.0003	1.8472E-004	26.181**	6,945	18,001
A X C	2	0.0002	1.0538E-004	14.937*	6,945	18,001
B X C	4	0.0011	2.9816E-004	42.260**	6,388	15,978
Deneyisel Hata	4	2.8222E-005	7.0555E-006			
Toplam	17					

Buğday samanından yapılan farklı özgül kütleli MDF levhalarının yüzeye dik çekme değerleri karşılaştırılmasında özgül kütle farkı, tutkal oranlarının ve pres sürelerinin hangi düzeylerde belirgin olduğu yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve anlam düzeyleri Çizelge 3.31’de verilmiştir.

Çizelge 3.31 Saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			0.700	0.800	
Özgül kütle (g/cm ³)	0.700	0.017			
	0.800		1		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	0.073			
	%10	0.123	1		
	%12	0.050	1	1	
			5 dk.	6 dk.	7 dk.
Pres Süresi	5 dk.	0.028			
	6 dk.	0.020	1		
	7 dk.	0.007	1	1	

Samandan farklı özgül kütleli MDF levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine tutkal yüzdesinin etkisi Şekil 3.15’de görülmektedir.



Şekil 3.15 Saman liflerinden üretilen MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direncinin tutkal oranına göre değişimi.

Farklı özgül kütleli saman MDF levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerinin tutkal miktarı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direnci üzerinde özgül kütle farkı, tutkal yüzdeleri ve pres süreleri istatistiksel olarak $\alpha=0.01$ önem düzeyinde belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Buğday samanı lifleri ile odun liflerinin değişik oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen MDF levhalarının su emme yüzdelerine ait değerler üzerinde etkili karışım oranları, tutkal yüzdesi ve presleme süreleri arasında yapılan çift girişli varyans analizi sonucunda $\alpha=0.01$ önem düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir. Bu levhaların su emme yüzdeleri ile ilgili çift girişli varyans analiz sonuçları Çizelge 3.32'de görülmektedir.

Çizelge 3.32 Saman-odun lifi karışımlarından üretilen MDF levhalarının su emme yüzdelere ait çift girişli varyans analizi sonuçları.

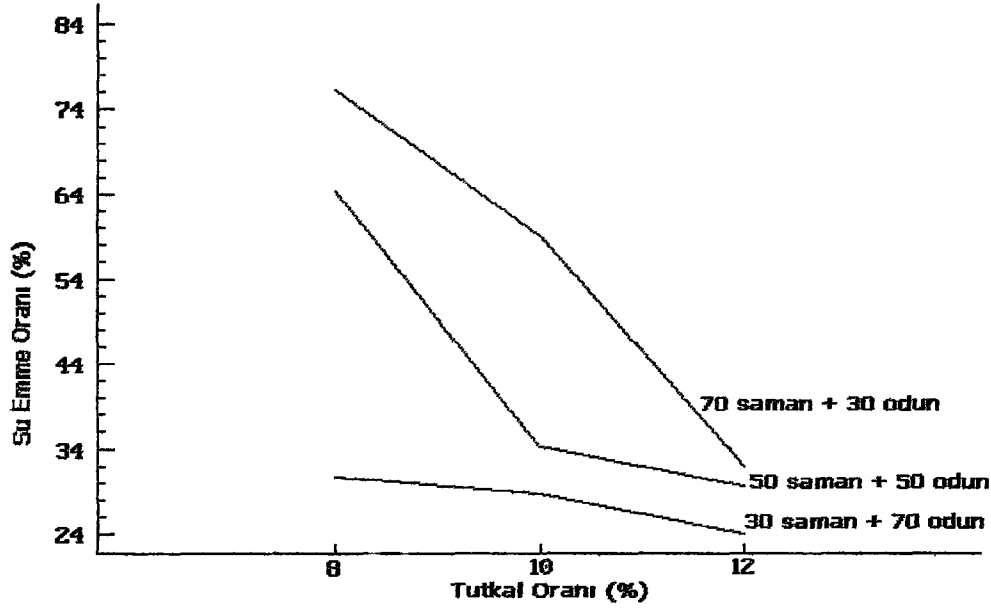
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Karışım Oranı (A)	2	11750.067	5875.033	132.534**	3,123	4,911
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	12357.600	6178.800	139.387**	3,123	4,911
A X B	4	5032.133	1258.033	28.380**	2.498	3.589
Deneysel hata	81	3590.600	44.328			
Toplam	89	32730.400				

Yapılan Duncan testi sonucunda su emme yüzdesi için karışım oranları ve tutkal yüzdeleri arasındaki farkın belirgin olup olmadığı belirlenmiş ve önem düzeyleri Çizelge 3.33’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.33 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının su emme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	16.400			
	%10	28.600	1		
	%12	12.200	1	1	
(S=Saman lifi, O= Odun lifi)			30 S + 70 O	50 S + 50 O	70 S + 30 O
Karışım Oranları (%)	30 S + 70 O	14.933			
	50 S + 50 O	27.966	1		
	70 S + 30 O	13.033	1	1	

Saman-odun lifi karışımlarından elde edilen MDF levhalarının karışım oranları ile tutkal yüzdelerinin etkileşimi Şekil 3.16’ da görülmektedir.



Şekil 3.16 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait su emme yüzdelерinin tutkal oranına göre değişimi.

Saman-odun lifi karışımlarından yapılan MDF levhalarında odun oranı ve tutkal miktarı arttıkça su emme yüzdeleri azalmaktadır. Karışım oranları ve tutkal miktarlarının arasında su emme değerleri bakımından istatistiksel olarak $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla belirgin bir fark bulunmuştur. Fakat, %12 üre formaldehit miktarında değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür.

Yapılan çift girişli varyans analizi sonucunda saman-odun karışımlarından elde edilen MDF levhalarına ait kalınlığına şişme değerleri değişen karışım oranları ve tutkal yüzdelерinin $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3.34’de verilmiştir.

Çizelge 3.34 Saman-odun karışımı liflerden üretilen MDF levhaların kalınlığına şişme yüzdesi çift girişli varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Karışım Oranı (A)	2	2018.597	1009.298	286.22**	3,123	4,911
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	818.459	409.229	116.053**	3,123	4,911
A X B	4	469.313	117.328	33.273**	2.498	3.589
Deneyssel hata	81	285.624	3.526			
Toplam	89	3591.995				

Kalınlığına şişme yüzdesi karşılaştırıldığında karışım oranları ve tutkal yüzdeleri arasındaki farkın belirgin olup olmadığı yapılan Duncan testi sonucunda bulunmuş ve önem düzeyleri Çizelge 3.35’de verilmiştir.

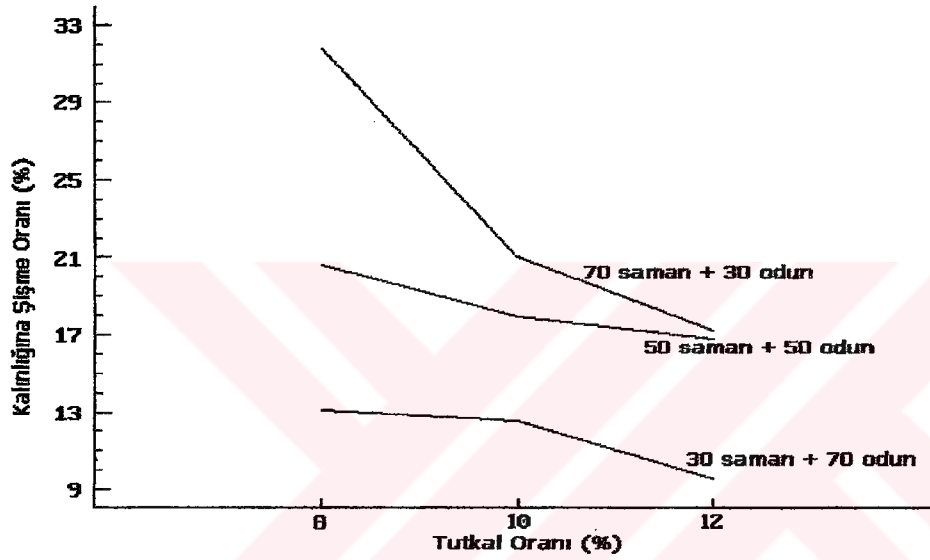
Çizelge 3.35 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının kalınlığına şişme yüzdelere ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	4.665			
	%10	7.292	1		
	%12	2.626	1	1	
(S=Saman lifi, O= Odun lifi)			30 S + 70 O	50 S + 50 O	70 S + 30 O
Karışım Oranları (%)	30 S + 70 O	6.654			
	50 S + 50 O	11.556	1		
	70 S + 30 O	4.902	1	1	

Karışımlardan elde edilen levhaların kalınlığına şişme değerleri karşılaştırıldığında odun lifi miktarı ve tutkal yüzdesi arttıkça kalınlığına şişme miktarları azaldığı görülmüştür. Karışım oranlarının ve tutkal miktarlarının istatistiksel olarak $\alpha=0.01$ önem düzeyinde belirgin fark olduğu bulunmuştur. Bunun nedeninin odunda samana oranla hemiselüloz oranının düşük olmasına ve tutkal miktarının artmasıyla bağ oranının artmasına bağlanabilir. Tutkal miktarının %12 olduğunda bütün karışım oranları değerleri birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. En iyi kalınlığına şişme değeri %12 tutkal kullanılarak saman-odun

(30S+70O) karışım oranlarında bulunmuştur. Bu değer aynı zamandan odun liflerinden elde edilen kalınlığına şişme değerlerine yakındır.

Farklı oranlarda saman ve odun lifi kullanılarak üretilen MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranının tutkal oranına bağlı olarak değişimi Şekil 3.17’ de görülmektedir.



Şekil 3.17 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait kalınlığına şişme yüzdelere tutkal etkileşimleri.

Yapılan çift girişli varyans analizi sonucunda saman-odun liflerinin değişik oranlarda karışımlarından elde edilen levhaların eğilme dayanımı değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde tutkal yüzdelere $\alpha=0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu ve karışım oranında önemsiz olduğu bulunmuş ve sonuçlar Çizelge 3.36’da verilmiştir.

Çizelge 3.36 Saman-odun karışımı liflerden üretilen levhalarda eğilme dayanımı çift girişli varyans analiz sonuçları.

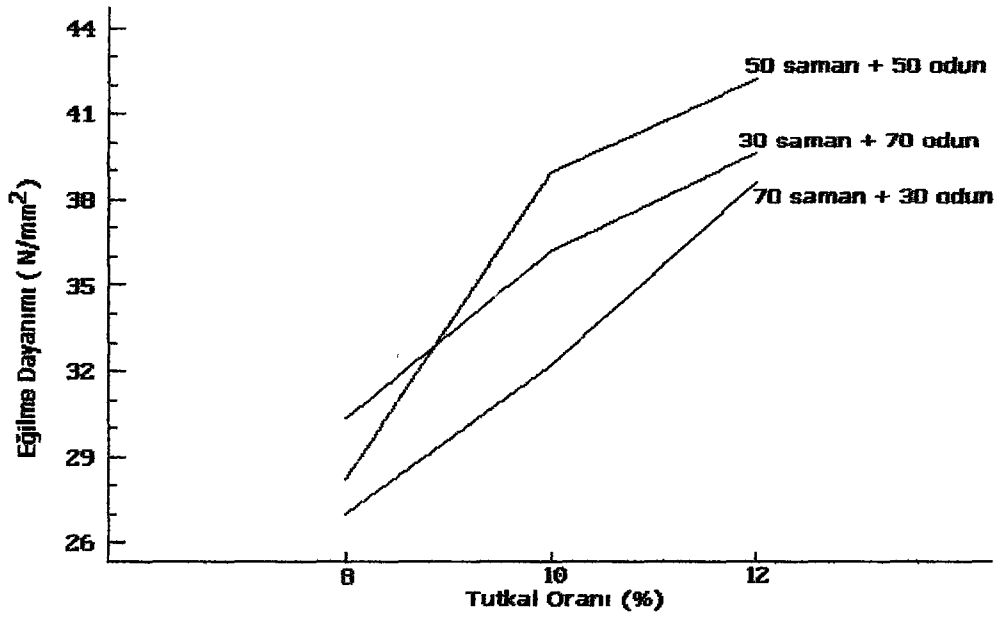
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Karışım Oranı (A)	2	166.206	83.102	2.763	3.175	5.038
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	1446.911	723.455	24.053**	3.175	5.038
A X B	4	83.173	20.793	0.691	2.549	3.703
Deneysel hata	54	1624.190	30.077			
Toplam	62	3320.480				

Saman-odun karışımı liflerden elde edilen MDF levhalarının eğilme dayanımı değerleri karşılaştırıldığında karışım oranları ve tutkal yüzdeleri arasındaki farkın belirgin olup olmadığı yapılan Duncan testi sonucunda belirlenmiş ve önem düzeyleri Çizelge 3.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.37 Saman-odun lifi karışımından elde edilen MDF levhalarının eğilme dayanımlarına ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	7.212			
	%10	11.627	1		
	%12	4.414	1	5	
(S=Saman lifi, O= Odun lifi)			30 S + 70 O	50 S + 50 O	70 S + 30 O
Karışım Oranları (%)	30 S + 70 O	1.082			
	50 S + 50 O	2.774	0		
	70 S + 30 O	3.856	0	5	

Saman-odun lifleri karışımlarından elde edilen MDF levhalarının karışım oranları ile tutkal yüzdelerindeki değişimin eğilme dayanımları üzerindeki etkileşimi Şekil 3.18’ de görülmektedir.



Şekil 3.18 Saman-odun liflerinden yapılan MDF levhalarına ait eğilme dayanımının tutkal oranına göre değişimi.

Saman-odun lifi karışımlarından elde edilen levhaların eğilme dayanımları değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak karışım oranının etkili olmadığı belirlenmiştir. Tutkal yüzdesi arttıkça eğilme dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Karışım oranının (50S+50O) ile (70S+30O) arasında $\alpha=0.01$ yanılma olasılığıyla belirgin bir fark olduğu bulunmuştur. Üre formaldehit tutkal miktarının ise %8 ile %10, %8 ile %12 arasında $\alpha=0.01$, %10 ile %12 arasında ise $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile belirgin bir fark olduğu anlaşılmıştır. En iyi eğilme dayanımı değerleri 50+50 oranında karıştırılan saman-odun liflerinden %12 tutkal kullanılarak elde edilmiştir.

Yapılan çift girişli varyans analizi sonucunda saman-odun liflerinin değişik oranlarındaki karışımlarından elde edilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde karışım oranlarının önemsiz olduğu,

tutkal yüzdelerinin $\alpha=0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir ve sonuçlar Çizelge 3.38’de verilmiştir.

Çizelge 3.38 Saman-odun karışımı levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait çift girişli varyans analiz sonuçları.

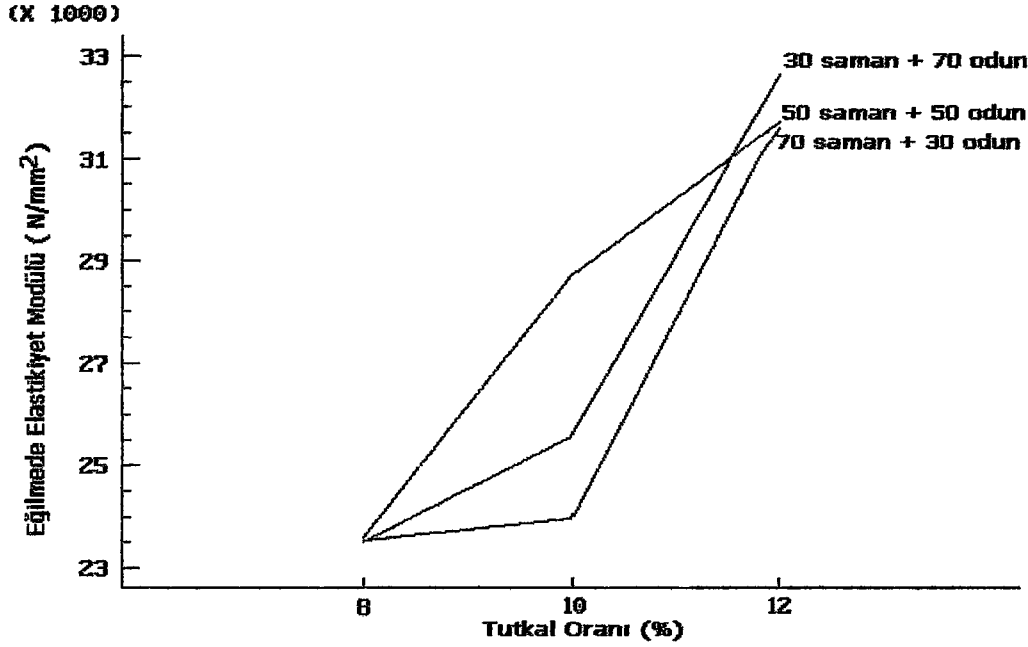
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Karışım Oranı (A)	2	2.4048E0007	1.2024E0007	1.201	3.175	5.038
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	8.1137E0008	4.0569E0008	40.513**	3.175	5.038
A X B	4	60636294	15159073	1.514	2.549	3.703
Deneyssel hata	54	5.4074E0008	10013736			
Toplam	62	1.4368E0009				

Saman odun karışımı levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında karışım oranları ve tutkal yüzdeleri etkileşiminin belirgin olup olmadığı yapılan Duncan testi sonucunda ortaya çıkmış ve önem düzeyleri Çizelge 3.39’da verilmiştir.

Çizelge 3.39 Saman-odun karışımı liflerinden elde edilen MDF levhalarının eğilmede elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı (ÜF)	%8	2530.24			
	%10	8555.76	5		
	%12	6025.52	1	1	
(S=Saman lifi, O= Odun lifi)			30 S + 70 O	50 S + 50 O	70 S + 30 O
Karışım Oranları (%)	30 S + 70 O	769.571			
	50 S + 50 O	743.714	0		
	70 S + 30 O	1513.290	0	0	

Saman ve odun lifleri karışımlarından elde edilen MDF levhaların karışım oranları ile tutkal yüzdelerindeki değişimin eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi Şekil 3.19’da görülmektedir.



Şekil 3.19 Saman-odun karışımı liflerinden yapılan MDF levhalarına eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine tutkal oranının etkisi.

Saman-odun karışımlarından elde edilen levhaların eğilmede elastikiyet modülleri karşılaştırıldığında karışım oranının etkili olmadığı belirlenmiştir. Tutkal yüzdesi arttıkça eğilme dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Tutkal yüzdelерinde %8-12 ve %10-12 arasında $\alpha=0.01$, %8-10 arasında ise $\alpha=0.05$ önem düzeyinde belirgin fark olduğu tespit edilmiştir. En iyi eğilmede elastikiyet modülü değerleri 30+70 oranında karıştırılan saman-odun liflerinden %12 tutkal kullanılarak bulunmuştur.

Yapılan çift girişli varyans analizi sonucunda saman-odun lifleri karışımlarından üretilen MDF levhalarının yüzeye dik çekme direnç değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde karışım oranlarının ve tutkal yüzdelерinin $\alpha=0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir ve sonuçlar Çizelge 3.40'da verilmiştir.

Çizelge 3.40 Saman-odun lifi karışımından elde edilen levhaların yüzeye dik çekme dirençlerine ait çift girişli varyans analiz sonuçları.

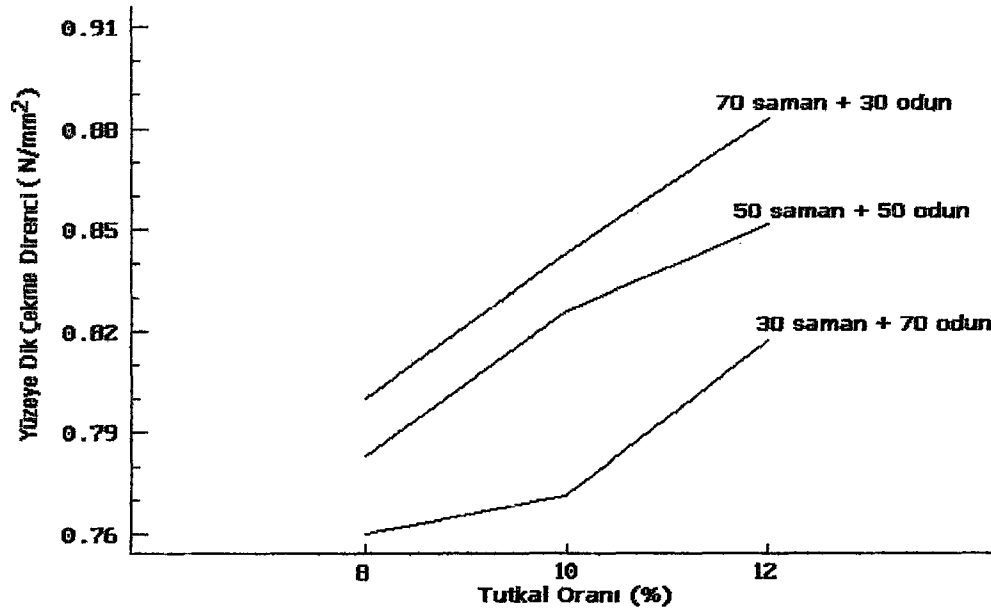
Varyans Kaynağı	S.D.	Tüm Varyans	Varyans	F-hesap	F - Tablo	
					% 5 (*)	%1 (**)
Karışım Oranı (A)	2	0.0374	0.0187	5.763**	3.175	5.038
Tutkal miktarı (ÜF) (B)	2	0.0508	0.0254	7.829**	3.175	5.038
A X B	4	0.0028	7.0158E-004	0.216	2.549	3.703
Deneyssel hata	54	0.1753	0.0032			
Toplam	62	0.2663				

Saman-odun lifi karışımından elde edilen levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri arasında karışım oranları ve tutkal yüzdeleri etkileşiminin belirgin olup olmadığı yapılan Duncan testi sonucunda ortaya çıkmış ve önem düzeyleri Çizelge 3.41’de verilmiştir.

Çizelge 3.41 Saman-odun lifleri karışımlarından üretilen MDF levhalarının yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları.

Değişkenler		Değerler	Duncan testi sonuçları		
			%8 tut.	%10 tut.	%12 tut.
Tutkal Oranı	%8	0.032			
	%10	0.069	0		
	%12	0.037	1	5	
(S=Saman lifi, O= Odun lifi)			30 S + 70 O	50 S + 50 O	70 S + 30 O
Karışım Oranları (%)	30 S + 70 O	0.021			
	50 S + 50 O	0.059	5		
	70 S + 30 O	0.037	1	5	

Saman-odun lifleri karışımlarından elde edilen MDF levhalarına ait karışım oranları ve tutkal yüzdelerinin yüzeye dik çekme direnç değerleri üzerindeki etkileşimi Şekil 3.20’ de görülmektedir.



Şekil 3.20 Saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme dirençlerinin tutkal oranına göre değişim.

Saman-odun lifi karışımlarından elde edilen levhaların yüzeye dik çekme dirençleri karşılaştırıldığında yüzeye dik çekme direncinin karışımdaki saman ve tutkal miktarları arttıkça arttığı belirlenmiştir. Bunun nedeni, buğday saplarında hemiselüloz oranının yüksek olması ve lif çeper kalınlığının oduna göre daha ince ceperli olmasına bağlanabilir. En yüksek yüzeye dik çekme direnç değeri saman-odun karışım oranı %70S+%30O ve %12 tutkal kullanılarak bulunmuştur.

3.4.2 Regresyon Analiz Sonuçları

Saman, odun ve saman-odun karışımı liflerden yapılan MDF levhalarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon analizinde

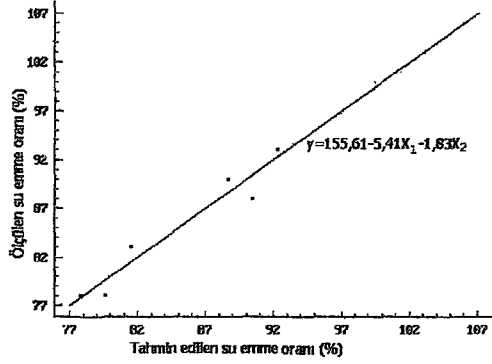
bağımsız değişkenler tutkal oranları (X_1) ve presleme süreleri (X_2) ile bağımlı değişkenler olan su emme (y_1), kalınlığına şişme (y_2), eğilme dayanımı (y_3), eğilmede elastikiyet modülü (y_4) ve yüzeye dik çekme direnci (y_5) arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Saman liflerinden elde edilen ortalama $0,700\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiki veriler Çizelge 3.42’de verilmiştir.

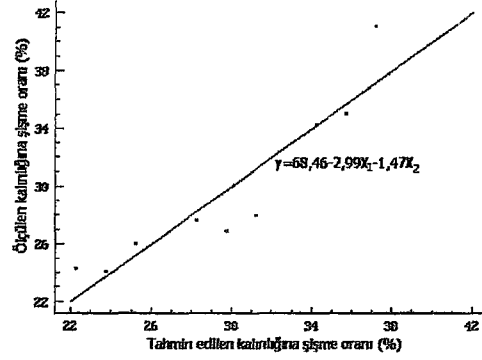
Çizelge 3.42 Saman MDF levhalarına ait ($0,700\text{ g/cm}^3$) çoğul regresyon denklemleri.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R^2)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 155,61 - 5,41X_1 - 1,83X_2$	0.96	1.521	156.45	0.0000
$y_2 = 68.46 - 2.99X_1 - 1,47X_2$	0.80	2.561	17.35	0.0032
$y_3 = -2.39 + 1.79X_1 + 2.11X_2$	0.51	3.165	5.198	0.049
$y_4 = -1.47 + 2413.66X_1 + 2220.83X_2$	0.84	1994.48	21.29	0.0019
$y_5 = 0.30 + 0.033X_1 + 0.014X_2$	0.94	0.015	61.11	0.0001

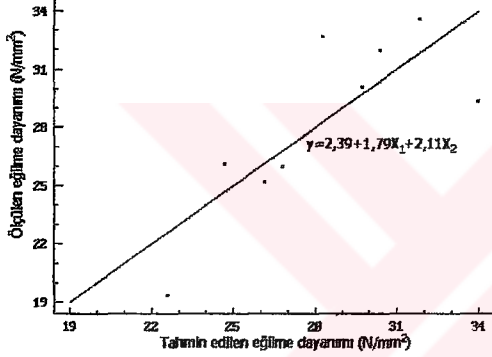
Çizelge 3.42’de görüleceği gibi saman liflerinden yapılan ortalama $0,700\text{ g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranını %96, kalınlığına şişme oranlarını %80, eğilme dayanımlarını %51, eğilmede elastikiyet modülünü %84 ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini %94 oranında bağımsız değişkenler olan tutkal miktarı ve pres süresi belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırasıyla Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23, Şekil 3.24 ve Şekil 3.25’de görülmektedir.



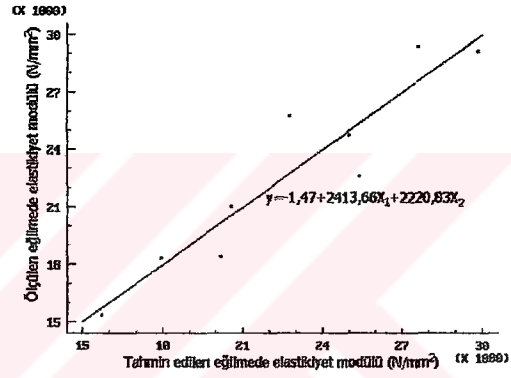
Şekil 3.21 Sıman (0,700 g/cm³) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.



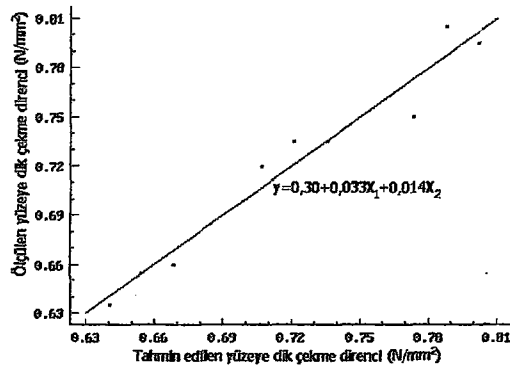
Şekil 3.22 Sıman (0,700 g/cm³) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.23 Sıman (0,700 g/cm³) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.24 Sıman (0,700 g/cm³) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.



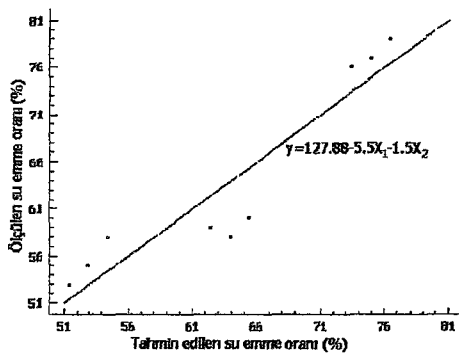
Şekil 3.25 Sıman (0,700 g/cm³) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

Saman liflerinden elde edilen ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiksel veriler Çizelge 3.43’de verilmiştir.

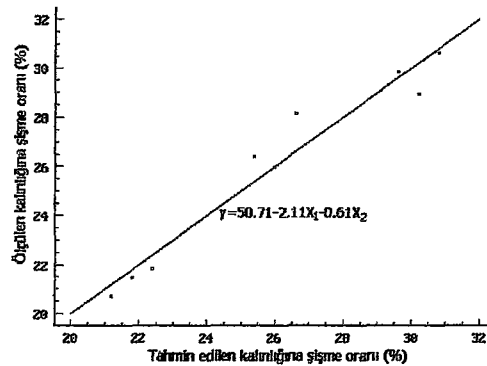
Çizelge 3.43 Saman MDF levhalarına ait ($0,800\text{ g/cm}^3$) çoğul regresyon denklemleri.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R^2)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 127.88 - 5.5X_1 - 1.5X_2$	0.82	4.347	19.56	0.0023
$y_2 = 50.70 - 2.10X_1 - 0.60X_2$	0.93	0.981	56.42	0.0001
$y_3 = -0.82 + 2.52X_1 + 0.99X_2$	0.73	2.590	11.77	0.0084
$y_4 = -6497.55 + 2714.33X_1 + 176.5X_2$	0.78	2480.27	14.94	0.0047
$y_5 = 0.42 + 0.027X_1 + 0.006X_2$	0.89	0.016	33.58	0.0006

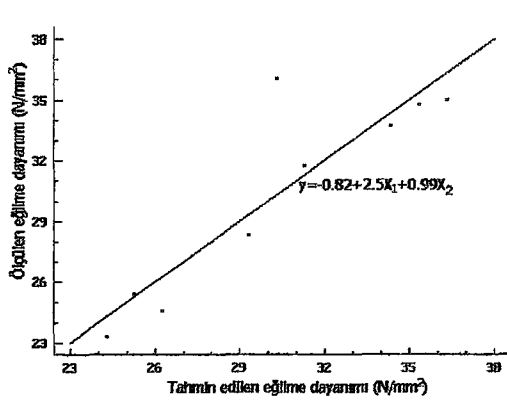
Çizelge 3.43’de görüleceği gibi saman liflerinden yapılan ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranını %82, kalınlığına şişme oranlarını %93, eğilme dayanımlarını %73, eğilmede elastikiyet modülünü %78 ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini %89 oranında bağımsız değişkenler olan tutkal miktarı ve pres süresi belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırasıyla Şekil 3.26, Şekil 3.27, Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30’da görülmektedir.



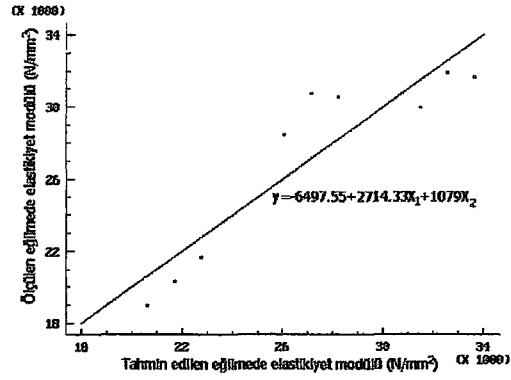
Şekil 3.26 Saman ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.



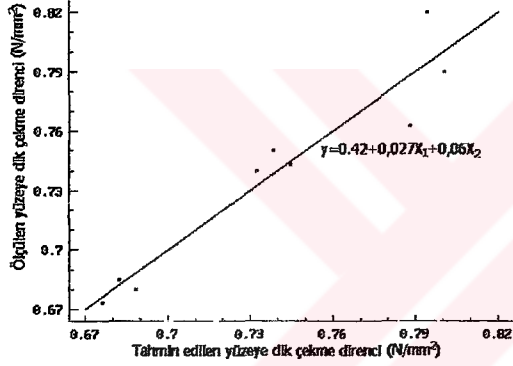
Şekil 3.27 Saman ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.28 Saman (0,800 g/cm³) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.29 Saman (0,800 g/cm³) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.



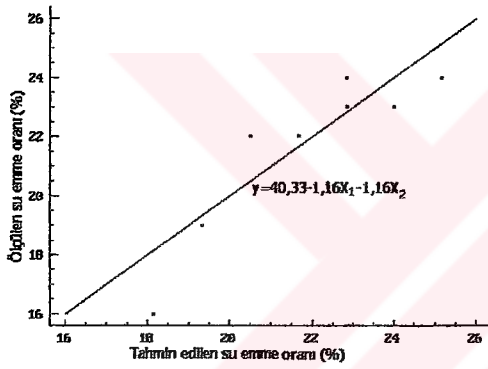
Şekil 3.30 Saman (0,800 g/cm³) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

Odun liflerinden elde edilen ortalama 0,800g/cm³ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiksel veriler Çizelge 3.44’de verilmiştir.

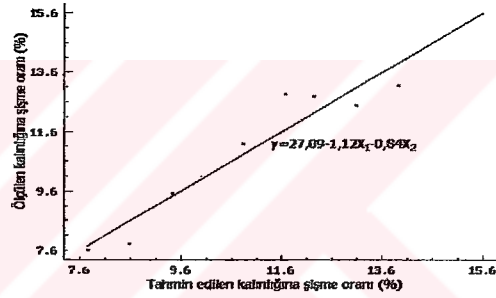
Çizelge 3.44 Odun MDF levhalarına ait (0,800 g/cm³) çoğul regresyon denklemleri.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R²)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 40.33 - 1.16X_1 - 1.16X_2$	0.67	1.481	9.30	0.014
$y_2 = 27.09 - 1.12X_1 - 0.84X_2$	0.88	0.757	30.03	0.0007
$y_3 = 0.029 + 2.63X_1 + 1.30X_2$	0.90	1.545	36.80	0.0004
$y_4 = -5827.55 + 2141.16X_1 + 1650X_2$	0.71	2432.97	10.67	0.0106
$y_5 = 0.42 + 0.033X_1 + 0.012X_2$	0.92	0.017	44.57	0.0003

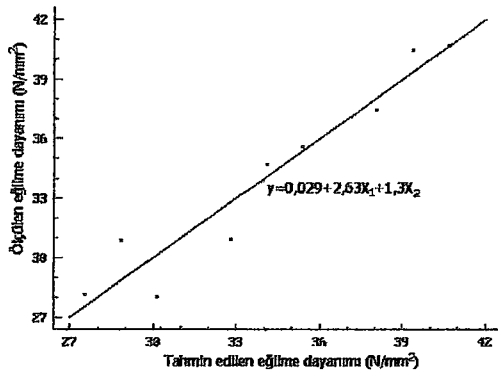
Çizelge 3.44’de görüleceği gibi odun liflerinden yapılan ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranını %67, kalınlığına şişme oranlarını %88, eğilme dayanımlarını %90, eğilmede elastikiyet modülünü %71 ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini %92 oranında bağımsız değişkenler olan tutkal miktarı ve pres süresi belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırasıyla Şekil 3.31, Şekil 3.32, Şekil 3.33, Şekil 3.34 ve Şekil 3.35’de görülmektedir.



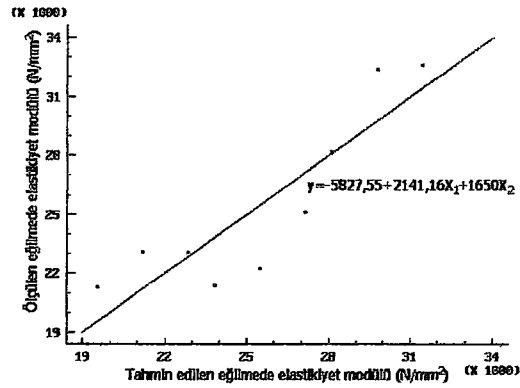
Şekil 3.31 Odun ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına su emme oranı regresyon grafiği.



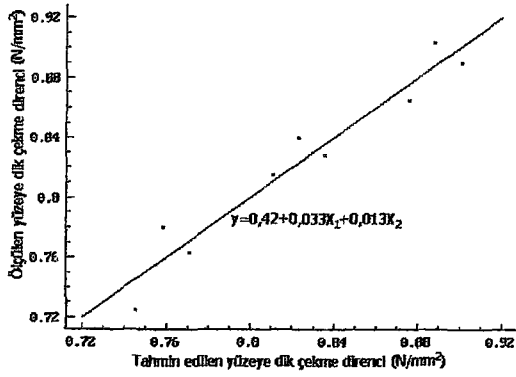
Şekil 3.32 Odun ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.33 Odun ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.34 Odun ($0,800\text{ g/cm}^3$) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.



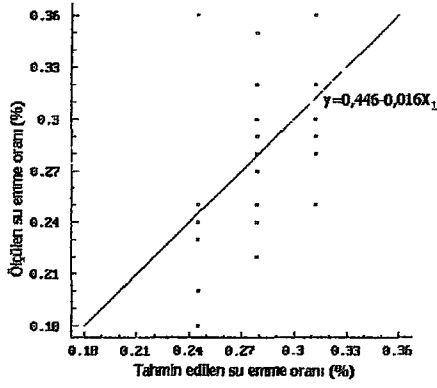
Şekil 3.35 Odun (0,800 g/cm³) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

Saman-odun karışımı (%30 saman - %70 odun) liflerinden elde edilen ortalama 0,800g/cm³ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiksel veriler Çizelge 3.45’de verilmiştir.

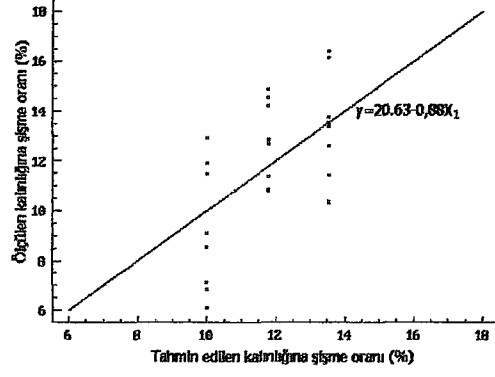
Çizelge 3.45 Saman-odun karışımı (30S-70O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R ²)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 0.446 - 0.016X_1$	0.28	0.042	12.64	0.0014
$y_2 = 20.63 - 0.88X_1$	0.30	2.150	13.57	0.0010
$y_3 = 12.22 + 2.31X_1$	0.27	5.962	8.43	0.0091
$y_4 = 4433.38 + 2280.42X_1$	0.55	3332.83	26.21	0.0001
$y_5 = 0.697 + 0.015X_1$	0.18	0.047	5.67	0.02

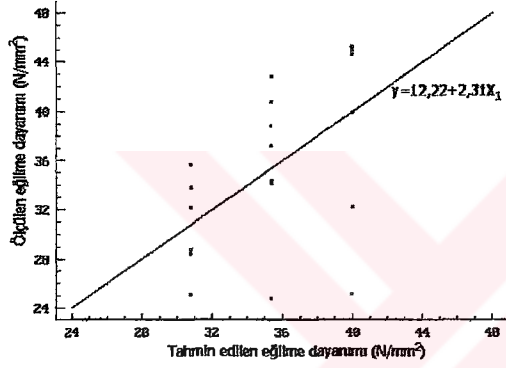
Çizelge 3.45’de görüleceği gibi saman-odun (30S-70O) karışımı liflerinden elde edilen ortalama 0,800g/cm³ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranlarını %28, kalınlığına şişme oranlarını %30, eğilme dayanımını %27, eğilmede elastikiyet modülünü %55 ve yüzeye dik çekme direnci %18 oranında bağımsız değişken olan tutkal miktarı belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırayla; Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38, Şekil 3.39 ve Şekil 3.40’da gösterilmiştir.



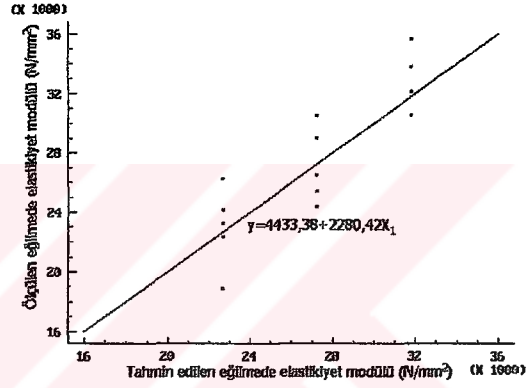
Şekil 3.36 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (30S-70O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.



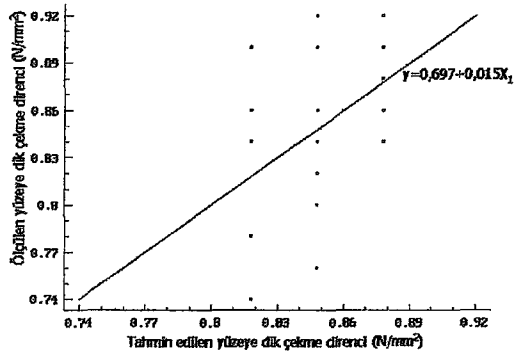
Şekil 3.37 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (30S-70O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.38 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (30S-70O) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.39 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (30S-70O) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği..



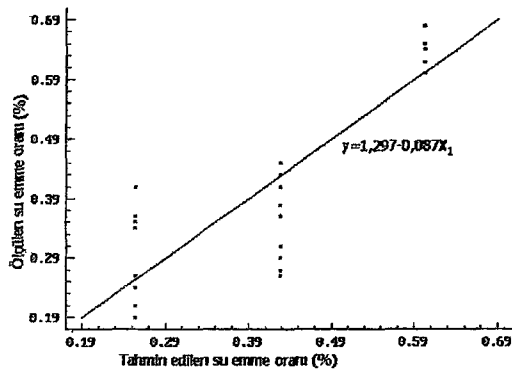
Şekil 3.40 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (30S-70O) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

Saman-odun karışımı (%50 saman - %50 odun) liflerinden elde edilen ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiksel veriler Çizelge 3.46’da verilmiştir.

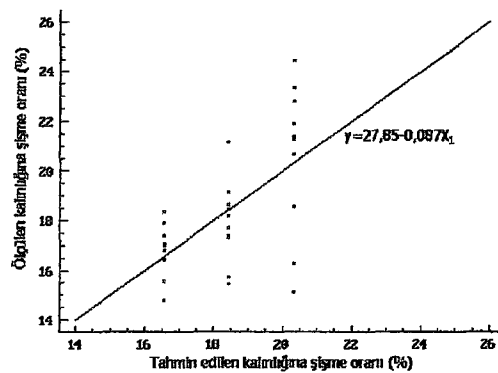
Çizelge 3.46 Saman-odun karışımı (50S-50O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R^2)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 1.297 - 0.087X_1$	0.73	0.087	79.89	0.0000
$y_2 = 27.847 - 0.941X_1$	0.34	2.077	16.41	0.0004
$y_3 = 1.431 + 3.501X_1$	0.42	6.661	15.47	0.0009
$y_4 = 7757.142 + 2025X_1$	0.52	3183.02	22.66	0.0001
$y_5 = 0.660 + 0.015X_1$	0.20	0.049	5.70	0.27

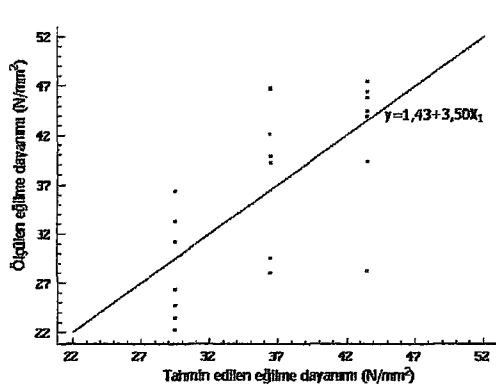
Çizelge 3.46’da görüleceği gibi saman-odun (50S-50O) karışımı liflerinden elde edilen ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranları %73, kalınlığına şişme oranları %34, eğilme dayanımı %42, eğilmede elastikiyet modülü %52 ve yüzeye dik çekme direnci %19 oranlarında bağımsız değişken olan tutkal miktarı belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırayla; Şekil 3.41, Şekil 3.42, Şekil 3.43, Şekil 3.44 ve Şekil 3.45’de gösterilmiştir.



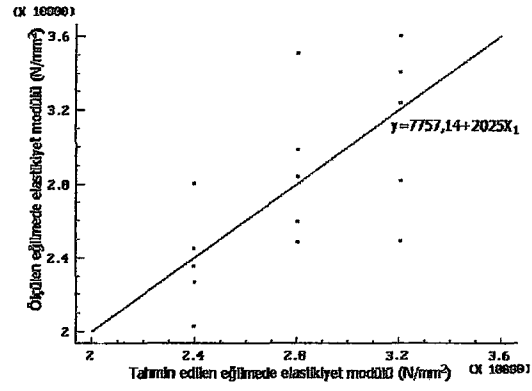
Şekil 3.41 Saman-odun karışımı ($0,800\text{ g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.



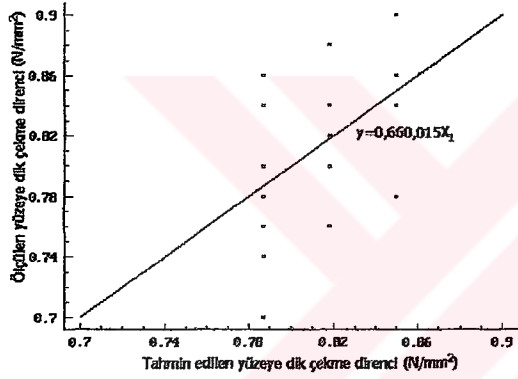
Şekil 3.42 Saman-odun karışımı ($0,800\text{ g/cm}^3$) (50S-50O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.43 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (50S-50O) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.44 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (50S-50O) MDF levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü regresyon grafiği.



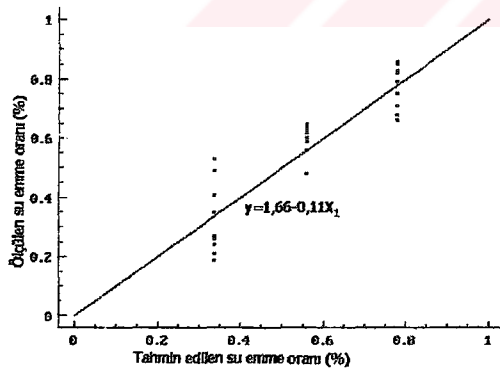
Şekil 3.45 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (50S-50O) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

Saman-odun karışımı (%70 saman - %30 odun) liflerinden elde edilen ortalama 0,800g/cm³ özgül kütleli MDF levhaların regresyon denklemleri ile bazı istatistiksel veriler Çizelge 3.47’de verilmiştir.

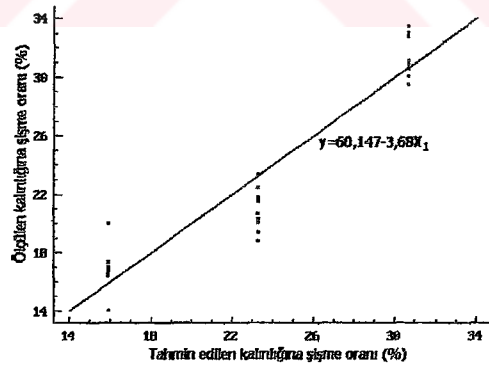
Çizelge 3.47 Saman-odun karışımı (70S-30O) MDF levhalarına ait basit regresyon denklemleri ve bazı istatistiksel değerler.

Regresyon Denklemleri	Belirlilik Katsayısı (R^2)	Standart Hata	F- oranı (F)	Yanılma Olasılığı (P)
$y_1 = 1.66 - 0.11X_1$	0.80	0.090	120.50	0.0000
$y_2 = 60.147 - 3.68X_1$	0.88	2.184	228.10	0.0000
$y_3 = 3.38 + 2.92X_1$	0.71	3.062	50.99	0.0001
$y_4 = 5833.78 + 1987.32X_1$	0.68	2221.03	44.83	0.0000
$y_5 = 0.567 + 0.020X_1$	0.22	0.059	6.70	0.018

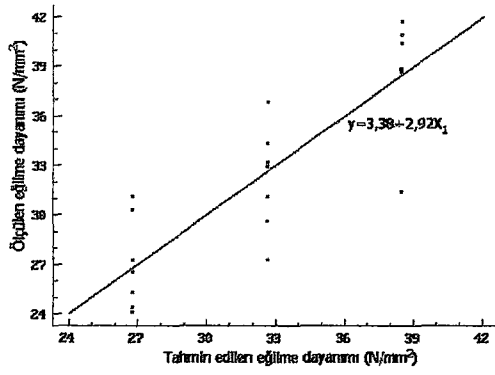
Çizelge 3.47’de görüleceği gibi saman-odun (70S-30O) karışımı liflerinden elde edilen ortalama $0,800\text{g/cm}^3$ özgül kütleli MDF levhalarının su emme oranları %80, kalınlığına şişme oranları %88, eğilme dayanımı %71, eğilmede elastikiyet modülü %68 ve yüzeye dik çekme direnci %22 oranlarında bağımsız değişken olan tutkal miktarı belirlemektedir. Bu özelliklere ait regresyon grafikleri sırayla; Şekil 3.46, Şekil 3.47, Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de gösterilmiştir.



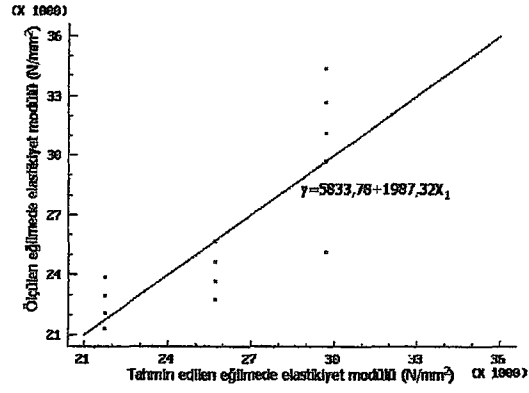
Şekil 3.46 Saman-odun karışımı ($0,800\text{ g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait su emme oranı regresyon grafiği.



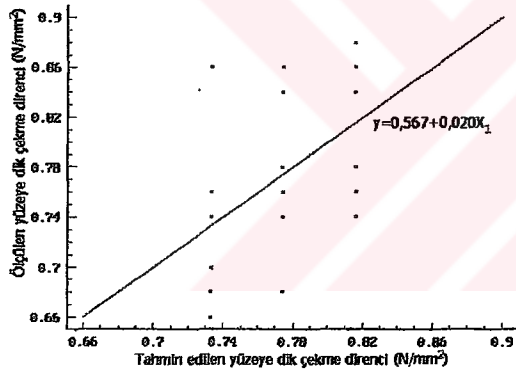
Şekil 3.47 Saman-odun karışımı ($0,800\text{ g/cm}^3$) (70S-30O) MDF levhalarına ait kalınlığına şişme oranı regresyon grafiği.



Şekil 3.48 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (70S-300) MDF levhalarına ait eğilme dayanımı regresyon grafiği.



Şekil 3.49 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (70S-300) MDF levhalarına ait eğilme elastikiyet modülü regresyon grafiği.



Şekil 3.50 Saman-odun karışımı (0,800 g/cm³) (70S-300) MDF levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci regresyon grafiği.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

“Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi” konulu bu çalışmada kullanılan buğday saplarının fiziksel, morfolojik ve bazı kimyasal özellikleri ile buğday saplarından, yapraklı odun liflerinden ve saman-odun lifi karışımından elde edilen MDF levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmalarda kullanılan buğday saplarının (*Triticum aestivum* L.) alkol-benzen çözünürlüğü %5.15, soğuk su çözünürlüğü %7.31, sıcak su çözünürlüğü % 9.84 ve %1’lik NaOH çözünürlüğü de %40.79 olarak bulunmuştur. Bu değerler daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen değerlere yakın olduğu yapılan karşılaştırmalarla ortaya çıkmıştır.

Buğday saplarının (*Triticum aestivum* L.) holoselüloz, selüloz, lignin ve kül miktarları gibi bazı kimyasal bileşenleri belirlenmiş ve sonuçlar sırasıyla; %74.79, %52.67, %20.17 ve %4.21 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin bu konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda buğday saplarının çeşitli morfolojik kısımları maserasyon yöntemiyle serbest hale getirilmiştir. Elde edilen liflerin lif uzunluğu , lif genişlikleri, lümen çapı ve çift çeper kalınlıkları ölçülmüştür. Ayrıca, termo-mekanik olarak elde edilen saman liflerinin (MDF levhası yapımı için kullanılan) aynı özellikleri de karşılaştırılmıştır. Termo-mekanik yöntemle elde edilen liflerin özelliklerinin daha çok değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin maserasyon yöntemiyle elde edilen liflerin lif uzunluğu değerleri 1,2-1,5 mm arasında değişirken bu termo-mekanik yöntemle elde edilen liflerde 1,0-2,5 mm arasında olduğu belirlenmiştir.

Yapılan saman ve odun MDF levhaları karşılaştırıldığında su emme ve kalınlığına şişme değerleri saman levhalarında daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, her iki levha için tutkal miktarı artıkça su emme ve kalınlığına şişme yüzdelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Her iki levha grubunda 6 ile 7 dakika pres süresi arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı anlaşılmıştır. %12 üre formaldehit tutkalı ve 7 dakikalık pres süresi şartlarında; saman MDF levhalarında en yüksek su emme %53, kalınlığına şişme %20.74 olurken odun MDF levhalarında su emme %16, kalınlığına şişme ise %7.60 olarak bulunmuştur. TS. 3640'a göre en fazla su emme %40, kalınlığına şişme ise %28 olarak belirtilmiştir. Buğday saplarından elde edilen MDF levhalarının su emme standartlarda belirtilen limitlerden yüksek, kalınlığına şişme ise sınır değerde olduğu anlaşılmıştır. Saman MDF levhalarında yüksek su emme miktarı hidrofil bir madde olan hemiselüloz oranının yüksekliğinden ileri geldiği sanılmaktadır. Oysa, odun değerlerinin standartlara uygun olduğu anlaşılmıştır.

Eğilme dayanımları saman levhalarında odun levhalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki levha için tutkal miktarları arttıkça eğilme dayanımları artmıştır. Bunun nedeninin gerek hemiselülozlar gerekse yüksek tutkal oranının bağ miktarının artırmasına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. 6 ile 7 dakikalık pres süreleri arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Saman MDF levhalarında en yüksek eğilme dayanımı 34.97 N/mm^2 , odun levhalarında ise 40.68 N/mm^2 bulunmuştur. Bu değerler %12 tutkal ve 7 dakika pres süresi şartlarında elde edilmiştir. Ordu MDF fabrikasında üretilen levhalarda bu değer 38.34 N/mm^2 'dir.

Saman levhalarının elastikiyet modülü %8 tutkal oranında odun levhaları değerlerinden daha düşüktür. Buna karşılık %10 tutkal oranında odun levhalarından daha yüksek bulunmuştur. Elastikiyet modülü %12 tutkal oranında saman ve odun levhalarında birbirine yakın bulunmuştur. Tutkal miktarının elastikiyet modülü değeri üzerinde daha etkili olduğu hammadde çeşidinin çok önemli olmadığı ve pres sürelerinin 6 dakikadan fazla tutulmasının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. En yüksek elastikiyet modülü saman levhalarında 31891 N/mm^2 , odun levhalarında 32768 N/mm^2 bulunmuştur.

Saman ve odun levhalarının yüzeye dik çekme dirençleri tutkal miktarı arttıkça arttığı buna karşılık, pres süresinin 6 ile 7 dakika arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek yüzeye dik çekme direnci saman MDF levhalarında 0.820 N/mm^2 , odun levhalarında 0.903 N/mm^2

bulunmuştur. Ordu MDF fabrikasında alınan levhalarda bu değer 1.357 N/mm^2 olduğu belirtilmektedir.

Buğday samanı liflerinden farklı özgül kütlede üretilen MDF levhaları su emme ve kalınlığına şişme değerleri karşılaştırıldığında özgül kütlesi düşük olan levhaların su emme ve kalınlığına şişme yüzdelerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, her iki levha içinde tutkal miktarı arttıkça su emme ve kalınlığına şişme oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. 6 ile 7 dakika arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark bulunamamıştır. 0.700 g/cm^3 özgül kütleli levhalarda en iyi su emme oranı %78, kalınlığına şişme oranı %24.37 olduğu, 0.800 g/cm^3 özgül kütleli levhalarda ise %53 ve %20.74 bulunmuştur.

Eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde farklı özgül kütleli saman MDF levhalar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Tutkal miktarı arttıkça eğilme dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak fark belirgin bulunmuş, buna karşılık 6 ile 7 dakikalık pres süreleri arasında eğilme dayanımı yönünden anlamlı bir fark bulunmamıştır. En yüksek eğilme dayanımı 0.700 g/cm^3 özgül kütleli levhalarda 33.57 N/mm^2 , 0.800 g/cm^3 özgül kütleli levhalarda 34.98 N/mm^2 bulunmuştur.

Saman levhalarının elastikiyet modülü değerleri farklı özgül kütleli levhalarda %1 yanılma olasılığıyla fark olduğu belirlenmiştir. Tutkal miktarının artmasıyla saman levhalarının elastikiyet modülleri artmıştır. Ayrıca, %10 ile %12 tutkal oranında bu değerler fazla değişmediği görülmüştür. Buna karşılık özgül kütle

farkının ve pres süresinin çok etkili olmadığı belirlenmiştir. En yüksek elastikiyet modülü değerinin %12 tutkal oranı ve 6 dakikalık pres süresinde $0,800 \text{ g/cm}^3$ özgül kütleli levhalarda 31892 N/mm^2 bulunmuştur.

Farklı özgül kütleli saman levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerinin tutkal miktarının arttıkça arttığı, buna karşılık 6 ile 7 dakikalık pres süresi arasında istatistiksel olarak farkın olmadığı belirlenmiştir. En yüksek yüzeye dik çekme direnci %12 tutkal oranı ve 6 dakikalık pres süresi koşullarında elde edilen $0,800 \text{ g/cm}^3$ özgül kütleli levhalarda 0.820 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

Saman-odun karışımı liflerden elde edilen MDF levhaların su emme ve kalınlığına şişme değerleri karşılaştırıldığında karışım oranındaki odun lifi miktarı arttıkça su emme ve kalınlığına şişme yüzdelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Tutkal yüzdesi arttıkça su emme ve kalınlığına şişme miktarlarının azaldığı görülmüştür. Karışım oranı ve tutkal miktarlarının istatistiksel olarak %1 yanılma olasılığıyla belirgin bir fark olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeninin, odunun daha az hemiselüloz içermesi ve tutkal miktarı arttıkça bağ oranının artması olduğu sonucuna varılmıştır. En iyi su emme %24 ve kalınlığına şişme %9.61 olarak %12 tutkal oranı ile 6 dakikalık pres süresi koşullarında karışım oranının %30 saman + %70 odun kullanılarak elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bu değerlerin odun liflerinden elde edilen MDF levhalarına benzer olduğu belirlenmiştir.

Saman-odun lif karışım levhalarının eğilme dayanımları karşılaştırıldığında karışım oranının etkili olmadığı belirlenmiştir. Tutkal yüzdesi arttıkça eğilme dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Karışım oranının (%50S+50O) ve (%70S+30O) arasında %5 yanılma olasılığıyla, tutkal miktarları arasında ise %1 yanılma olasılığıyla belirgin olduğu tespit edilmiştir. En yüksek eğilme dayanımı 42.22 N/mm² ile %50 saman+%50 odun karışım oranında ve %12 üre formaldehit tutkalı ve 6 dakika pres süresi şartlarında bulunmuştur.

Saman-odun karışımlarından elde edilen levhaların eğilmede elastikiyet modülleri karşılaştırıldığında karışım oranının istatistiksel olarak %5 yanılma olasılığıyla etkili olmadığı belirlenmiştir. Tutkal yüzdesi attıkça eğilme dayanımı artmıştır. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü 32634 N/mm² değeri %30S+%70O oranında karışımından elde edilen levhalardan ve %12 tutkal oranı, 6 dakika pres süresi koşullarında elde edilmiştir.

Saman-odun karışımlarından elde edilen MDF levhaların yüzeye dik çekme dirençleri karşılaştırıldığında karışımdaki saman oranı ve tutkal miktarı arttıkça artmıştır. En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri 0.888 N/mm² olarak bulunmuş ve bu değer %30+%70 saman-odun karışımı ve %12 tutkal, 6 dakika pres süresi şartlarında elde edilmiştir.

Buğday saplarından farklı tutkal oranları ve pres süresinde MDF levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelendiğinde bu özelliklere ait optimum değerler, 0.800 g/cm³ özgül kütleli, %12 tutkal miktarı ve 6 dakika pres süresi sonucunda

elde edilen levhalarda bulunmuştur. Pres süresinin 6 dakikadan fazla tutulmasının istatistiksel olarak önemli olmadığı ortaya çıkmıştır.

Saman-odun lifi karışımından elde edilen MDF levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri saman MDF levhalarından yüksek, odun levhalarından ise düşük olduğu belirlenmiştir. Buna göre, kullanılan odun lifleri her durumda fiziksel ve mekanik özellikleri olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. %50+%50 saman-odun karışımı liflerden elde edilen levhaların mekanik özellikleri odun levhalarında daha iyi olduğu görülmüştür.

Saman, odun ve saman-odun lifi karışımlarından yapılan MDF levhalarında belirlenen tüm fiziksel ve mekanik özelliklerde tutkal miktarının artmasıyla arttığı, mekanik özelliklerde ise %10 ile %12 tutkal oranları arasında fazla değişmediği görülmüştür. Sonuç olarak, ekonomik bakımdan %10 tutkal kullanılması uygun olacaktır.

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda odun MDF levhaların fiziksel özellikleri saman MDF levhalarından daha iyi sonuçlar vermiştir. Buna karşılık, saman ve odun MDF levhalarının mekanik özellikleri birbirine benzerdir. Örneğin saman MDF levhaların en yüksek elastikiyet modülü 31891 N/mm^2 , odun levhalarında 32768 N/mm^2 bulunmuştur.

Buğday saplarının en uygun liflendirme şartları; buhar basıncı 10.5 atm., buharlama süresi 4 dk. ve liflendirme süresi 2 dk. olarak belirlenmiştir.

Buğday saplarından en uygun MDF levhası üretim koşulları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

Tutkal miktarı	: %12
Pres süresi	: 6 dk.
Sıcaklık	: 150 °C
Pres basıncı	: 200-220 kp/cm ²
Sertleştirici	: %1
Saman + odun oranı	: 50+50 (%)

Sonuç olarak; buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarının MDF levhası üretimine uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir. Ancak, fiziksel özelliklerden su emme oranının standartlarda belirtilen değerlerden yüksek olduğu, kalınlığına şişme değerinin ise sınırda olduğu ortaya çıkmıştır. Saman-odun liflerinden değişik karışım oranlarında elde edilen MDF levhalarında ise bu olumsuzluğun olmadığı belirlenmiştir. Ancak, bu olumsuzluğun levha üretimi sırasında saman liflerine parafin gibi hidrofobik maddelerin ilavesiyle giderilebilir. Dolayısıyla, buğday sapları tek başına MDF üretiminde kullanılabileceği gibi değişik karışım oranlarında odun lifleriyle beraber kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anon.,** (1986) *The Economics of Recycling Municipal Waste., New York Legislation Commission on Solid Waste Management, U.S.A.*
- Anon.,** (1988) “Ormancılık Ana Planı 1990-2009” T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Yayın No 3.
- Anon.,** (1991) Food and Agriculture Organization of the United Nations, (FAO) . Forest Product, Rome.
- Anon.,** (1994a) FAO Yearbook, Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Forest Products 1991-1992", Rome.
- Anon.,** (1994b) “Türkiye İstatistik Yıllığı” T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Anon.,** (1995) Wood Based Panels International, September.
- Anon.,** (1996) MDF Past, Present and Futures, Wood Based Panels International, October.
- Anon.,** (1997) “State of the World’s Forests”, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Anon.,** (1998) MDF at the crossroads, Wood Based Panels International, October-November.
- Atchinson, J.E.,** (1973) Present Status and Future Potential for Utilization of Non-Wood Plant Fibers. A Worldwide review, *TAPPI Non-Wood Plant Fiber Pulping Series*, Progress report, No: 4, Atlanta, U.S.A.
- Atchinson, J.E.,** (1989) Global Patterns in the Use Non-Wood Plant Fiber for Paper Grade Pulps, IPPTA Seninaar, New Delhi, Vol. 1, 1-32.
- Berkel, A.,** (1970) Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No: 1448, İstanbul.
- Bostancı, Ş.** (1987) *Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi*, Ders Kitabı, Trabzon.
- Brown, F. L. at all.** (1966) Impregnation to Control Dimensional Stability of Particleboard and Fiberboerd, *Forest Product Journal*.

- Bryan, R.W.** (1970) Celotex Chip Mill Helps to Sply Board Plant, *Forest Industries*.
- Chow, P.** (1974) Dry Formed Composite Board from Selected Agricultural Residues, *World Consultation on Wood Based Panels*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. New Delhi, India.
- Cobb, R. M. K. and Swanson, J. W.** (1971) Internal Sizing of Paper and Paperboard , TAPPI Monograph Series No: 33. New York.
- Çehreli, H.T.** (1982) Lif levha Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Çehreli, H.T.** (1984) "Orta Sert Lif Levhaları (MDF) Odun Kökenli Ürün ve Sanayii Sorunları" semineri MPM Yayın No:02, ankara, s330-349.
- Dadswell, H.E. and Watson, A. J.** (1962) Influence of the Morphology of Wood Pulp Fibers on Paper Properties, In: Bloam, F., ed. Formation and Structure of Paper. London: *Technical Section of the British Paper and Board Makers Association*. 537-564. Vol: 2.
- Deppe, H.J. and Knoll, K.H.** (1984) Manufacture of MDF Using Recycled Paper and Light-Fraction Refuse fiber material, *Holz-Zentralblatt*, 110: 20, 277-278.
- Eroğlu, H.; Kırmızı, A.** (1979) Pamuk saplarının kimyasal analizi ve lif özellikleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Çilt 2, Sayı 2, s. 209-222.
- Eroğlu, H.** (1980) O₂-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi.
- Eroğlu, H.** (1988) "Lif Levha Endüstrisi" K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları, Yayın No:304, Trabzon.
- Fahey, D. J. and Pierce, D. S.** (1973) Role of Penolic Resin in Imparting Properties to Dry Formed Hardboard, *TAPPI* 56 (3) : 53-56.
- Grigoriu, A.** (1983) Comparative Investigations Between Medium Density Fiberboard and Particleboard, *Holz-als-Roh-und-Werkstoff*, Springer-Verlag.
- Hamilton, T. H.** (1992) New Technology for Waste Paper Use, Proceedings, TAPPI Annual Meeting, Atlanta.
- Haylock, F.O.** (1985) Medium Density Fiberboard. Its origin, manufacture and

use, Sunds Defibrator brochure, p.3-7,

Hoag, M. (1992) Surface testing of particleboard and medium density fiberboard for laminating applications. *Tappi Journal*, p.116-121 (10).

Huş, S. (1977) *Ağaç Malzeme Tutkalları*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2337, Orman Fakültesi Yayın No: 242, İstanbul.

Ibrahim, H. (1975) Special problems involved In stock preparation and paper-making when utilizing bleached rice straw pulp in fine paper, TAPPI Nonwood plant fiber pulping progress report No:6, p. 23-34.

Irle, M.A. and Juma, J.H. (1995) PEG Treated Fibres for Panel Products, *Les-Ljubljana*, 47:7-8, 213-215.

Jayme, G. (1962) Discussion of Paper By Dadswell and Watson In: Bloam, F., ed. Formation and Structure of Paper. London: *Technical Section of the British Paper and Board Makers Association*. 568-571. Vol: 2.

Jensen, V. and Kehr, E. (1995) Dimensional stability of MDF and Particleboards. *Holz-als-Roh und-Werkstoff*, 53: 6, 369-376.

Jones, E. J. (1960) The Relation of Fiber and Pulp Properties to the Properties of Structural Fiberboard Products, *TAPPI*. 43(6) :600-602.

Kleinschmidt, H.P (1996) Board Production Can Be Optimized by Ultra-Sound Measurement, *Holtz-Zentralblatt*, 122: 84, 1333-1334.

Knapp, H. J. (1971) *Continuous Blending*, 1948-1971. In: Maloney, T. M., ed. Proceedings, 5 th Particleboard Symposium 1971 March; Pullman, WA. Pullman: Washington State University.

Kollmann, F.P.F., E.W.KUENZI, A.J. STAMM. (1975) Principles of Wood Science and Technology II, wood Based Materials, Springer Verlag Berlin, p. 551-672.

Krzysik, A. M., John, A.Y., Rowell, R. M., Muehl, J. H., Chow, P. and Shook, S. R. (1993) Feasibility of Using Recycled Newspapers as A Fiber Source for Dry-Process Hardboards, *Forest Products Journal* Vol: 43, No: 7/8.

Kün, E. (1988) "Serin İklim Tahılları", A.Ü. Ziraat Fak. Ders kitabı, Yayın No:1032.

Labosky, P. Jr., Yobp, R. D. And Blankenhorn, P. R. (1993) Effect of Steam Pressure Refining and Resin Levels on the Properties of UF-Bonded Red Maple MDF, *Forest Product Journal*, 43: 11-12, 82;88.

- Marcin, T.C.** (1992) *A Characteristics Model Approach to Demand Analysis for Wood Composites*, Proceedings of Aninternational Symposium, Seattle, USA.
- Mark, R. E.** (1967) *Cell Wall Mechanics of Tracheids*, New Haven: Yale University Press; 310 p.
- Marutzky, R., Flentge, A. and Boehme, C.** (1992) Dependence of Formaldehyde Emission of MDF on the Density Profile, *Holz-als-Roh-und -Werkstoff*. 50:6; 239-240.
- Minato, K., Kubo, N., Norimoto, M., Sasaki, H., Sawada, M. and Yamamoto, T.** (1992) "Dimensional Stabilization of Medium-Density Fiberboard by Formaldehyde Treatment". *Mokuzai Gakkaishi* Vol. 38, No.1, p.67-72 Kyoto, Japonya.
- Modh, M. Y.** (1995) The Manufacture of Medium Density Fiberboard from Rubberwood of Different Ages Group, *Journal-of- Tropical-Forest-Products*. 1: 1, 78-82.
- Nelson, N.D.,** (1976) Effect of Wood and Pulp Properties on Medium Density, Dry-Formed Hardboard *Forest Products Journal*. 23 (9); 72-80.
- Niemz, P. And Steinmetzler, J.** (1996a) Investigations on Sound Propagation Volecity İn Particle Boards and MDF and Correllation With Elastomechanical Properties, *Holz-Zentralblatt*.
- Niemz, P. and Steinmetzler, J.** (1996b) Investigations on the Swelling Pressure of MDF With Change in Moisture Content, *Holz-Zentralblatt*.
- Niemz, P., Poblete, H.** (1996) Investigations on the dimensional stability of MDF and Particleboards, *Holz-als-Roh und-Werkstoff*, 54: 2, 141-144.
- Okamoto, H., Sano, S., Kawai, S., Okamoto, T. and Sasaki, H.** (1994) "Production of Dimensionally Stable Medium Density Fiberboard by Use of High-Pressure Steam Pressing". *Mokuzai Gakkaishi* Vol. 40, No.4, p.380-389, Kyoto, Japonya.
- Özen, R.** (1979) *Lif Levha Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Özkaya, B.** (1992) "Ülkemiz Tahıl Ürünleri Sanayiinin Türk Tarımındaki Önemi", A.Ü. Ziraat Fak.
- Page, D. H., Tydeman, P. A. And Hunt, M.** (1962) *Behavior of Fibre to Fibre*

Bonds in Sheets under Dynamic Conditions, Technical Section of the British Paper and Board Markers' Association.

- Rowell, R. M.** (1992) *Opportunities for Lignocellulosic Materials and Composites; (In) Emerging Technologies for Materials and Chemicals from Biomass: Proceedings of Symposium; 1990 August 26-31; Washington, DC., : American Chemical Society; Chapter 2 ACS Symposium Series 476.*
- Rowell, R. M. et. al.** (1985a) *The Chemistry of Solid Wood*, Advances in Chemistry Series No: 207; American Chemical Society, Washington, DC.
- Rowell, R.M. et. al.** (1988) IUFRO Wood Protection Subject Group, Honey Harbor, Ontario Canada; *Canadian Forestry Service*, p. 238-266.
- Rowell, R.M., Kawai, S. and Inoue, M.** (1995b) Dimensionally Stabilized, Very Low density Fiberboard, *Wood and Fiber Science*, 27: 4, 428-436.
- Rydhom, A.S.** (1965) *Pulping Processes*, Interscience Publishers, London, 1220 pp.
- Sitzler, H.D.** (1981) Einfache und wirtschaftliche Herstellung von MDF platte *Holz Zentralblatt* No: 111, p. 1671-1672.
- Stamm, A. J.** (1964) *Wood and Cellulose Science*, New York: Ronald Press; p.549
- Suchsland, O. and Woodson, E.G.** (1986) "Fiberboard Manufacturing Practices in the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service No:640, Louisiana, U.S.A.
- Suchsland, O.; Woodson, G. E. and McMillin, C. W.** (1985) "Binderless fiberboard from two different types of fiber furnishes". *Forest Products Journal*, Vol: 35, No:2, p.63-68, USA.
- Suchsland, O.; Woodson, G. E. And McMillin, C. W.** (1986) "Pressing of three layer, dry formed MDF with binderless hardboard faces". *Forest Products Journal*, Vol: 36, No:1, p.33-36, USA.
- Suzuki, S.; Piao, C. X. and Saito, F.** (1987) "Study on the evaluation of internal bond properties of MDF". *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Shizuoka University*, No:37, p.55-60, Japan.
- Tank, T.; Bostancı, Ş.; Eroğlu, H., Enercan, S.** (1985) Tütün Saplarının Kağıt Yapımında Değerlendirilmesi, *Doğa Bilim Dergisi*, Seri D2, Cilt 9, Sayı 2.

- Taşkın, O.** (1986) Ormangülü (*Rhododendron ponticum* L.) Odununun Bazı Kimyasal ve Morfolojik Özellikleri ile Bu Odundan Yaş Metoduyla Lif Levha Yapılması Üzerine Araştırmalar, *Orm. Arş. Ens. Yay. Tek. Bül. Seri No:181*.
- Tomimura, Y. and Suzuki I.** (1987) "Manufacture of Medium Density Fiberboard Containing Carbon Fibers in the Core Layer". *Mokuzai Gakkaishi Vol. 33, No.8, p.645-649* Kyoto, Japan.
- Tomimura, Y., Choon, K.K. and Suzuki, I.** (1987) Manufacture of Medium Density Fiberboard from Malaysian *Acacia mangium*. *Mokuzai-Gakkaishi-Journal-of-the-Japan-Wood-Research-Society. 33: 4, 903-910*.
- Topf, P.** (1971) Thermal Decomposition of Wood at Temperatures up to 180° C, *Holz-als-Roh-und, Werkstoff. 29: 269-275*.
- TS 3634 (1981)** *Odunlifu Levhaları - Deney Parçası Boyutlarının Ölçülmesi*, TSE, Ankara.
- TS 3636 (1981)** *Odunlifu Levhaları Eğilme Dayanımının Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 3637 (1981)** *Odunlifu Levhaları Rutubet Miktarının Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 3639 (1981)** *Odunlifu Levhaları (Sert ve Orta sert Levhalar) Su emme ve Kalınlığına Şişmenin Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 3640 (1981)** *Odunlifu Levhaları (Genel Amaçlar İçin) Sert ve Orta sert Levhalar İçin Su Emme ve Kalınlığına Şişme*, TSE, Ankara.
- TS 3644 (1981)** *Odunlifu Levhaları Birim Hacim Ağırlığının Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 4431 (1985)** *Odun-Holoselüloz Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 4497 (1985)** *Odun-Lignin Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 4568 (1985)** *Alkol-Benzende Çözünen Maddelerin Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 4640 (1985)** *Odun-Pentozan Tayini*, TSE, Ankara.
- TS 64 (1973)** *Odunlifu Levhaları Türk Standardı*, TSE, Ankara.
- TS 642 (1968)** *Kondisyonlama ve/ veya Deney için Standard Atmosferler ve Standard Referans Atmosferi*, TSE, Ankara.
- Uslu, K.** (1995) "Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Soda-Hava

Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması”,
Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst.

- Usta, M.** (1985) Soda-Oksijen Yöntemiyle Çavdar (*Secale oereale* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 164 s.
- Walter, K.** (1984) Manufacture of MDF and Particleboard Using the Steam Press Method, *Holz-Zentralblatt*, 110: 126, 1863-1864.
- Wiecke, P.H.** (1988) KK MDF, The First Bagasse MDF Board Plant, *Nonwood Plant Fiber Pulping*, No: 59.
- Wilke, A.** (1942) Das Bindemittel in der Faserplattenfertigung, *Holz-als-Roh-und Werkstoff*. 5(2): 78-81.
- Youngquist, J. A.,** (1985) Structural Composites Research Success and Future Challenges, In: Symposium on Forest Products Research International.
- Zhang, M., Kawai, S., Sasaki, H., Yamawaki, T., Yoshida, y. and Kashihara, M.**(1995) Manufacture and Properties of Bamboo/Wood Composite Fiberboard, *Mokuzai-Gakkaishi-Journal-of-the-Japan-Wood-Research-Society*. 41: 10, 903-910.

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah İSTEK, 1966'da Vakfikebir'de doğdu; ilk öğrenimini Çarşıbaşı Merkez İlkokulunda, orta ve lise eğitimini Vakfikebir Çarşıbaşı lisesinde tamamladı. 1987 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne girdi; 1991 yılında mezun olduktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı ve Aralık 1994'de Orman Endüstri Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. Mart 1994'de Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı; halen 1995'de girdiği Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora programını sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır. Yabancı dili İngilizce'dir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ