

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YONGA KURUTMA SICAKLIĞININ YONGALEVHANIN FİZİKSEL, MEKANİK
VE YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Bünyamin SARI

HAZİRAN 2011

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YONGA KURUTMA SICAKLIĞININ YONGALEVHANIN FİZİKSEL, MEKANİK
VE YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Orm. End. Müh. Bünyamin SARI

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 08.06.2011**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gökay NEMLİ

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Bünyamin SARI tarafından hazırlanan

**YONGA KURUTMA SICAKLIĞININ YONGALEVHANIN FİZİKSEL, MEKANİK
VE YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

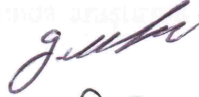
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 24 / 05 / 2011 gün ve 1406 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08 / 06 / 2011 tarihinde yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Gökay NEMLİ



Üye : Prof. Dr. Nurgül AY



Üye : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Yonga Kurutma Sıcaklığının Yongalevhanın Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özellikleri Üzerine Etkisi” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım başta danışman hocam Prof. Dr. Gökay NEMLİ olmak üzere, kimyasal analizlerin yapımında yardımını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hüseyin KIRCI hocama ve Arş. Gör. Evren ERSOY KALYONCU’ya, levhaların üretilmesi ve yüzey pürüzlülüğü deneylerinin yapılmasında yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Nadir AYRILMIŞ hocama, test işlemlerinin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Öğr. Gör. Mehmet BAHAROĞLU, Arş. Gör. Selahattin BARDAK ve Orm. End. Müh. İlkay ATAR’a teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Deneme levhaları için gerekli olan yonga, tutkal ve sertleştirici hammaddelerinin temininde yardımcı olan Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ne ve yetkililerinden Sayın Ferit YILDIRIM’a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini tüm hayatım boyunca esirgemeyen sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın yongalevha konusunda araştırma yapanlara ve uygulayıcılara yararlı olmasını temenni ederim.

Bünyamin SARI
Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yonga Kurutma Sıcaklığının Yongalevhanın Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özellikleri Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Gökay Nemli'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/04/2011

Bünyamin SARI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması	2
1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	4
1.3.1. Ağaç Malzeme	4
1.3.2. Yıllık Bitkiler	5
1.3.3. Yapıştırıcılar	6
1.3.3.1. Organik Yapıştırıcılar	6
1.3.3.1.1. Sentetik Yapıştırıcılar	6
1.3.3.1.1.1. Üre Formaldehit (ÜF) Tutkalı	7
1.3.3.1.1.2. Melamin Formaldehit (MF) Tutkalı	11
1.3.3.1.1.3. Resorsin Formaldehit Tutkalı	12
1.3.3.1.1.4. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı	13
1.3.3.1.1.5. Termoplastik Tutkallar	14
1.3.3.1.2. Doğal Yapıştırıcılar	14
1.3.3.1.2.1. Bitkisel Yapıştırıcılar	15
1.3.3.1.2.1.1. Tanen Tutkalı	15
1.3.3.1.2.1.2. Lignin Tutkalı	15
1.3.3.1.2.1.3. Soya Tutkalı	16
1.3.3.1.2.2. Hayvansal Tutkallar	17
1.3.3.1.2.2.1. Kazein Tutkalı	17
1.3.3.1.2.2.2. Kan Albümini Tutkalı	17
1.3.3.2. Anorganik Yapıştırıcılar	18

1.3.4.	Katkı Maddeleri	18
1.3.4.1.	Sertleştirici Maddeler	18
1.3.4.2.	Hidrofobik Maddeler	19
1.3.4.3.	Koruyucu Maddeler	20
1.4.	Yongalevha Üretim Tekniği	21
1.5.	Yüzey Özellikleri	23
1.5.1	Yüzey Pürüzlülüğü	23
1.5.2.	Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	25
1.5.2.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)	25
1.5.2.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Rmax / Ry)	26
1.5.2.3.	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)	27
1.5.2.4.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)	27
1.5.3.	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri	28
1.5. 4.	Islanma Olayı ve Temas Açısı	29
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
2.1.	Deneme Materyali	32
2.1.1.	Ağaç Malzeme	32
2.1.2.	Tutkal	32
2.1.3.	Sertleştirici Madde	33
2.2.	Deneme Levhalarının Üretimi	33
2.3.	Araştırma Yöntemi	34
2.3.1.	Fiziksel Özellikler	34
2.3.1.1.	Özgül Ağırlık	34
2.3.1.2.	Rutubet Miktarı	35
2.3.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)	35
2.3.2.	Mekanik Özellikler	36
2.3.2.1.	Eğilme Direnci	36
2.3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü	36
2.3.2.3.	Yüze Dik Çekme Direnci	37
2.3.3.	Yongaların Kimyasal Analizi	38
2.3.3.1.	Soğuk Su Çözünürlüğü	38
2.3.3.2.	Sıcak Su Çözünürlüğü	38
2.3.3.3.	% 1'lik NaOH Çözünürlüğü	39

2.3.3.4.	Alkol-Benzen Çözünürlüğü	39
2.3.3.5.	Lignin Tayini	39
2.3.3.6.	Holoselüloz Tayini	40
2.3.3.7.	Selüloz Tayini	40
2.3.3.8.	pH	41
2.3.4.	Yongalevhanın Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi	41
2.3.4.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	41
2.3.4.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	42
2.4.	İstatiksel Analiz	42
3.	BULGULAR	43
3.1.	Fiziksel Özellikler	43
3.1.1.	Özgül Ağırlık	43
3.1.2.	Rutubet Miktarı	43
3.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)	44
3.2.	Mekanik Özellikler	45
3.2.1.	Eğilme Direnci	45
3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü	46
3.2.3.	Yüze Dik Çekme Direnci	47
3.3.	Yongaların Kimyasal Analizi	49
3.3.1.	Soğuk Su Çözünürlüğü	49
3.3.2.	Sıcak Su Çözünürlüğü	50
3.3.3.	% 1'lik NaOH Çözünürlüğü	51
3.3.4.	Alkol-Benzen Çözünürlüğü	52
3.3.5.	Lignin Miktarı	53
3.3.6.	Holoselüloz Miktarı	54
3.3.7.	Selüloz Miktarı	55
3.3.8.	pH Değeri	56
3.4.	Yongalevhanın Yüzey Özellikleri	59
3.4.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	59
3.4.1.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)	59
3.4.1.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)	60
3.4.1.3.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)	61
3.4.1.4.	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)	62

3.4.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	64
4.	TARTIŞMA	66
4.1.	Fiziksel zellikler	66
4.1.1.	Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)	67
4.2.	Mekanik zellikler	67
4.2.1.	Eğilme Direnci	67
4.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü	68
4.2.3.	Yüzeye Dik ekme Direnci	70
4.3.	Yongaların Kimyasal Analizi	72
4.3.1.	Soğuk Su znrlğ	72
4.3.2.	Sıcak Su znrlğ	72
4.3.3.	% 1'lik NaOH znrlğ	73
4.3.4.	Alkol-Benzen znrlğ	74
4.3.5.	Lignin Miktarı	75
4.3.6.	Holoselüloz Miktarı	75
4.3.7.	Selüloz Miktarı	76
4.3.8.	pH Değeri	77
4.4.	Yongalevhanın Yüzey zelliklerinin Belirlenmesi	78
4.4.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	78
4.4.1.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	78
4.4.1.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)	79
4.4.1.3.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)	79
4.4.1.4.	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq).....	80
4.4.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	81
5.	SONUÇLAR	82
5.1.	Fiziksel zellikler	82
5.1.1.	Özgül Ağırlık	82
5.1.2.	Rutubet Miktarı	82
5.1.3.	Kalınlık Artışı Oranı	82
5.2.	Mekanik zellikler	83
5.2.1.	Eğilme Direnci	83
5.2.2.	Elastikiyet Modülü	83
5.2.3.	Yüzeye Dik ekme Direnci	83

5.3.	Kimyasal Özellikler	84
5.3.1.	Soğuk Su Çözünürlüğü	84
5.3.2.	Sıcak Su Çözünürlüğü	84
5.3.3.	% 1'lik NaOH Çözünürlüğü	84
5.3.4.	Alkol-Benzen Çözünürlüğü	85
5.3.5.	Lignin Miktarı	85
5.3.6.	Holoselüloz Miktarı	85
5.3.7.	Selüloz Miktarı	86
5.3.8.	pH Değeri	86
5.4.	Yüzey Özellikleri	86
5.4.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	86
5.4.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	87
6.	ÖNERİLER	88
7.	KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans

ÖZET

YONGA KURUTMA SICAKLIĞININ YONGALEVHANIN FİZİKSEL, MEKANİK
VE YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Bünyamin SARI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gökay NEMLİ
2011, 100 Sayfa

Bu çalışmada; yonga kurutma sıcaklığının yongalevhanın fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla yongalar 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C olmak üzere 4 farklı sıcaklık değerinde kurutulmuştur.

Kurutma sıcaklığındaki artışın özgül ağırlık ve rutubet üzerinde etkili olmadığı, kalınlığına şişme oranında ise belirgin bir iyileşmeye sebep olduğu görülmüştür. Eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinin kurutma sıcaklığındaki artıştan olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının kademeli olarak artırılmasıyla temas açısı değerinin ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. Bu durum ıslanabilmeyi olumsuz etkilemiştir.

Kurutma sıcaklığının artırılmasıyla %1'lik NaOH ve alkol-benzen çözünürlüğünün arttığı, pH ve holoselüloz miktarının azaldığı, soğuk su ve sıcak su çözünürlükleri ile lignin ve selüloz miktarının etkilenmediği görülmüştür.

100°C, 125°C ve 150°C sıcaklıklarda kurutulan yongalardan üretilmiş levhaların genel kullanım ve mobilya üretimi için öngörülen şartları taşıdığı belirlenmiştir. 180°C sıcaklıkta kurutulan yongalardan üretilmiş levha ise sadece genel kullanım amacına uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yongalevha, Kurutma sıcaklığı, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Kimyasal özellikler, Yüzey pürüzlülüğü, Temas açısı, Islanabilme yeteneği

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF PARTICLE DRYING TEMPERATURE ON THE PHYSICAL,
MECHANICAL AND SURFACE PROPERTIES OF PARTICLEBOARD

Bünyamin SARI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Gökay NEMLİ
2011, 100 Pages,

In this study, the effect of particle temperature on the physical, mechanical and surface properties of particleboard was investigated. For this aim, particles were dried at 4 different temperatures, 100°C, 125°C, 150°C, and 180°C, respectively.

While increasing drying temperature did not affect the density and moisture content, it significantly improved the thickness swelling of particleboard. Modulus of rupture, modulus of elasticity and internal bond strength were negatively affected by the increasing drying temperature. Contact angle and surface roughness increased with increasing drying temperature, and wettability was negatively affected by this situation.

It was stated that 1% NaOH and alcohol-benzene solubilities were increased, pH and amount of holocellulose were decreased, water (hot/cold) solubilities and amount of lignin and cellulose was not affected by increasing of drying temperature.

Particleboards which produced from particles at drying temperatures of 100°C, 125°C, and 150°C met the required level of mechanical properties for general usage and furniture production. But, particleboards which produced from particles at drying temperature of 180°C only had the required level of mechanical properties for general usage standard.

Key Words: Particleboard, Drying temperature, Physical properties, Mechanical properties, Chemical properties, Surface roughness, Contact angle, Wettability

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Üre formaldehit reçinesinin oluşum aşamaları.....	9
Şekil 2.	Ortalama pürüzlülük değeri.....	26
Şekil 3.	En büyük pürüzlülük değeri	26
Şekil 4.	Profil sapmasının ortalama karekökü	27
Şekil 5.	On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri.....	28
Şekil 6.	Düz bir katı yüzey üzerinde ve gaz ile çevrili sıvı damlasının denge durumu..	30
Şekil 7.	Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	66
Şekil 8.	Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	67
Şekil 9.	Elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	69
Şekil 10.	Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	70
Şekil 11.	Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	72
Şekil 12.	Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	72
Şekil 13.	%1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	73
Şekil 14.	Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi.....	74
Şekil 15.	Lignin miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	75
Şekil 16.	Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	75
Şekil 17.	Selüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	76
Şekil 18.	pH değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi.....	77
Şekil 19.	pH değeri üzerine kurutma sıcaklığı ve tutkallamanın etkisi.....	77
Şekil 20.	Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi	78
Şekil 21.	En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi.....	79
Şekil 22.	On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi.....	80
Şekil 23.	Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi.....	80

Şekil 24. Temas açısı değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi81

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Deneme levhası tipleri	34
Tablo 2. Deneme örneklerinde kullanılan yonga tipleri	38
Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri	43
Tablo 4. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri.....	43
Tablo 5. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları	44
Tablo 6. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	44
Tablo 7. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	45
Tablo 8. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri.....	45
Tablo 9. Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları	45
Tablo 10. Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları	46
Tablo 11. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri	46
Tablo 12. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	47
Tablo 13. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	47
Tablo 14. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme değerleri	47
Tablo 15. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	48
Tablo 16. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	48
Tablo 17. Yonga tiplerine ait ortalama soğuk suda çözünürlük değerleri.....	49
Tablo 18. Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	49
Tablo 19. Yonga tiplerine ait ortalama sıcak suda çözünürlük değerleri	50
Tablo 20. Sıcak su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	50

Tablo 21.	Yonga tiplerine ait ortalama % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri.....	51
Tablo 22.	%1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	51
Tablo 23.	%1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	52
Tablo 24.	Yonga tiplerine ait ortalama alkol-benzen çözünürlüğü değerleri	52
Tablo 25.	Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	52
Tablo 26.	Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	53
Tablo 27.	Yonga tiplerine ait ortalama lignin miktarları.....	53
Tablo 28.	Lignin miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları	54
Tablo 29.	Yonga tiplerine ait ortalama holoselüloz miktarları	54
Tablo 30.	Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	54
Tablo 31.	Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	55
Tablo 32.	Yonga tiplerine ait ortalama selüloz miktarları.....	55
Tablo 33.	Selüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları	56
Tablo 34.	Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri.....	56
Tablo 35.	pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları	57
Tablo 36.	pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları	57
Tablo 36.	Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri	57
Tablo 37.	Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	58
Tablo 38.	Tutkallanmış yongaların pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	58
Tablo 39.	Deneme levhalarının ortalama pürüzlülük değerleri	59
Tablo 40.	Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	59

Tablo 41.	Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	60
Tablo 42.	Deneme levhalarının en büyük pürüzlülük değerleri.....	60
Tablo 43.	En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	60
Tablo 44.	En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	61
Tablo 45.	Deneme levhalarının on nokta pürüzlülüğü değerleri	61
Tablo 46.	On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	62
Tablo 47.	On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	62
Tablo 48.	Deneme levhalarının profil sapmasının ortalama karekökü değerleri.....	62
Tablo 49.	Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	63
Tablo 50.	Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	63
Tablo 51.	Deneme levhalarının ortalama temas açısı değerleri	64
Tablo 52.	Temas açısı değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 53.	Temas açısı değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	65

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun, yapısında bulundurduğu pek çok olumlu özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılan endüstriyel bir malzemedir. Odun esaslı ürünlere olan talep her geçen gün artmakta fakat bu talebi karşılayacak odun arzı yetersiz kalmaktadır. Ülkemizdeki yıllık odun talebi 25 milyon m³'e ulaşmış olup bunun % 65'lik kısmını endüstriyel odun oluşturmaktadır. Ormanlarımızdan elde edilen yıllık endüstriyel odun üretimi son beş yılda % 35 artarak 11 milyon m³'e çıkmasına karşılık sektörün artan ihtiyacını karşılayamamaktadır. Bu yüzden ithalat devam etmektedir (URL-1, 2010).

Yongalevha, liflevha ve kontrplak gibi odun esaslı kompozit levha ürünlerinin ortaya çıkış sebebi; masif ağaç malzemenin bazı olumsuz özelliklerinin iyileştirilmesi, daha büyük boyutlu ve homojen yapıya sahip malzemelerin elde edilmesi isteğidir (Bozkurt ve Göker, 1981). Yongalevha sanayi son yıllarda hızlı bir büyüme kaydetmiş olup, 1993-2008 döneminde yongalevha üretim kapasitesi yaklaşık % 40 artarak 1,6 milyon m³'ten 4,2 milyon m³'e ulaşmıştır (URL-1, 2010). Endüstrinin ihtiyacı doğrultusunda yeterli kalitede ve miktarda tomruk üretim kısıtlığı göz önünde bulundurulduğunda endüstriyel atıklar, ince çaplı odunlar gibi düşük nitelikli odun hammaddesinin ve bazı yıllık bitkiler gibi lignoselülozik malzemenin yongalevha endüstrisinde değerlendirilebilmesi bu sektörün önemini artırmaktadır. Bununla birlikte; fiziksel ve mekanik özelliklerinin birçok kullanım yeri için uygun olması, düzgün yüzeyli olduğu için üst yüzey işlemine imkân tanınması, levha özelliklerini etkileyen faktörlerin kontrol edilmesiyle istenilen kalitede ve ebatlarda üretilmesi, vida, çivi ve tutkal yardımıyla diğer malzemelerle birleştirilebilmeleri, katkı maddeleri ilavesiyle yangına, rutubete ve zararlılara karşı dayanımının artırılabilmesi ve diğer odun esaslı levhalarla kıyaslandığında işlenmesinin kolay ve ucuz olması yongalevhanın üretilmesinin nedenleri olarak sıralanabilir.

Yongalevha endüstrisinde tutkallama öncesi yongaların belirli rutubet derecesinde olması arzu edildiğinden kurutma işlemi uygulanmaktadır. Kurutma işleminde uygulanan sıcaklık değerleri odunda termal bozulmanın başladığı 100°C'nin üzerinde olduğu için yongaların fiziksel ve kimyasal yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Bu tez

kapsamında yonga kurutma sıcaklığının yongalevhanın fiziksel ve mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

1.2. Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması

Yongalevha değişik standartlarda farklı şekillerde tanımlanmıştır. EN 309 (1992) standardına göre, odun veya odunlaşmış lignoselülozik bitkisel hammaddelerden elde edilen yongaların bir tutkal ilavesi veya tutkal ilavesi olmaksızın yüksek sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda oluşan geniş yüzeyli levhadır.

BS 1811 (1969)'e göre ise; odun veya diğer lignoselülozik lifli materyal parçacıklarından bir tutkal ilavesi veya tutkalsız olarak basınç altında üretilen levha şeklindeki malzemedir. Yongalevha değişik kıstaslara göre sınıflandırılmaktadır.

Tabaka sayılarına göre yongalevhalar 3 gruba ayrılır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009):

- a. Tek tabakalı (homojen) yongalevhalar
- b. Üç tabakalı yongalevhalar
- c. Çok tabakalı yonga levhalar

Yongalevhalar presleme tekniği bakımından iki grupta toplanmaktadır (Bozkurt ve Göker 1990):

a. Yatık yongalı levhalar: Bu tip levhalarda yongalar levha yüzeyine paraleldir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.

b. Dik yongalı levhalar: Bu tip levhalarda ise presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongaların yönü levha yüzeyine dik durumdadır.

Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar 3 grupta incelenir (Bozkurt ve Göker, 1990):

a. Düşük özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,590 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha düşük olan yongalevhalar.

b. Orta derecedeki özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,590 - 0,800 \text{ g/cm}^3$ arasında değişen yongalevhalar.

c. Yüksek özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,800 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha fazla olan yongalevhalar.

Yongalevhalar yonga boyut ve şekillerine göre dört grupta incelenmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009):

a. Normal yongalevhalar (Particleboard): Bu tip yongalevhalarda genel olarak kalınlıkları 0,25 – 0,40 mm, genişlikleri 2 – 6 mm ve uzunlukları 10 – 25 mm'ye kadar olan yongalar kullanılmaktadır (Akbulut, 1991).

b. Etiket yongalı levhalar (Waferboard): Yaklaşık 0,5 – 0,7 mm kalınlığında 35 – 75 mm uzunluğunda ve 25 – 40 mm genişliğindeki yongalardan üretilen levhalara Etiket Yongalı Levhalar denilmektedir (Özen, 1982). Bu tip levhalar Kuzey Amerika'da önemli bir yapı malzemesidir. Genellikle çatı kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması, döşeme veya döşeme altı olarak kullanılmaktadır (Özen, 1981).

c. Şerit yongalı levha (Flakeboard): Kalınlık ve uzunlukları etiket yonga ile aynı, fakat genişlikleri 9 – 10 mm olan yongalardır ve bunlardan üretilen levhalara şerit yongalı levha denilmektedir.

d. Yönlendirilmiş yonga levha (Oriented Structural Board, OSB): Bu tip levhalarda genel olarak yonga kalınlıkları 0,4 – 0,8 mm, genişlikleri 6 – 25 mm ve uzunlukları 38 – 63mm kadardır (Çehreli, 1981). Yönlendirilmiş yongalı levha, kullanım yerine göre arzu edilen direnç değerlerinde üretilebilir. Masif oduna oranla daha stabil olup çatlak, budak gibi kusurları içermez. Bu tip yongalevhalar sahip oldukları üstün mekanik özellikler nedeniyle kontrplak, kontratbla ve masif ağaç malzemenin kullanıldıkları yerlerde kullanılabilirler (Kalaycıoğlu, 1997). Özellikle yapıların içinde; döşeme malzemesi, taban döşemesi, mobilya yapımı, prefabrik ev yapımı, dam ve duvar örtüleri, depo inşaatı, ambalaj sandıkları ve inşaat kalıp tahtası olarak tercih edilmektedir.

Kullanılan bağlayıcı madde türüne bağlı olarak yongalevhalar ikiye ayrılır:

a. Anorganik yapıştırıcı ile üretilen yongalevhalar: Bu tip yongalevhaların üretiminde hammadde olarak çimento, ağaç yongası veya tarımsal bitkiler ve su ile birlikte az miktarda kimyasal katkı maddeleri (CaCO_3 , SiO_2 , AlO_3 gibi) kullanılmaktadır (Bozkurt, 1982).

b. Sentetik tutkal ile üretilen yongalevhalar: Bu tip yongalevhaların üretiminde yapıştırıcı olarak üre, melamin, fenol, resorsin formaldehit ve izosiyanat tutkallar kullanılmaktadır.

Yongalevhalar yüzey kaplama malzemesi türüne göre ikiye ayrılırlar (Nemli, 2000):

a. Sıvı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Sıvı yüzey işlemlerinde desen baskı ve lake boya uygulanmaktadır (Soine, 1973).

b. Katı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Yongalevha endüstrisinde kullanılan katı yüzey kaplama malzemeleri; melamin, diallayı phthalate,

polyester emdirilmiş kâğıtlar, yüksek basınç (HPL) ve rulo-bobin laminatları (CPL), folyolar, ahşap kaplama levhaları, fenolik kraft kâğıtları, polivinil klorür (PVC), lignin dolgulu laminatlar, polietilen kâğıtlar, ısı transfer filmleri, vulkanize lifler, PVA(polivinil asetat) + üre ve üre+ amonyum klorür esaslı kâğıtlardır (Anonim, 1972).

Yongalevhalar üretimde kullanılan pres türüne göre ikiye ayrılır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009):

a. Kalıplanmış yongalevhalar: Sentetik reçineler ile tutkallanmış odun yongalarının, kalıp preslerde basınç ve sıcaklık etkisi altında tek kademede biçimlendirilmesi esnasında uygun kaplama ile kaplanmasıyla elde edilen bir mamuldür. Bu ürünler üretim yöntemine göre Werzalit, Collipres ve Termodin olarak isimlendirilmektedir (TS 4616, 1988).

b. Normal yongalevhalar

TS EN 312'e (2005) göre yongalevhalar yedi grupta değerlendirilmektedir:

- a. P1: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar
- b. P2: Kuru şartlarda kullanılan iç mekân uygulamaları (mobilya dâhil) için levhalar
- c. P3: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar
- d. P4: Kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar
- e. P5: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar
- f. P6: Kuru şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar
- g. P7: Nemli şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar

Kullanım yerine göre yongalevhalar iki gruba ayrılır (Kalaycıoğlu, 1991):

- a. Kapalı mekânlarda kullanılanlar
- b. Hava etkisine açık mekânlarda kullanılanlar

1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

1.3.1. Ağaç Malzeme

Yongalevha üretiminde, genellikle bakım ve aralama kesimleri ve ağaçların budanması sonucunda elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları ve ağaç endüstrisi artıkları kullanılmaktadır. TS 1351 (1973)'e göre; boyu 0,5 – 2,0 m, ince uç çapı

en az 4,0 cm, kalın uç çapı en çok 20 cm olan yuvarlak ve yarma odun, kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar ve tane büyüklüğü en az 2 mm olan testere talaşı, yonga ve lif odunu olarak kullanılabilir. Levha üretiminde kullanılacak odun çürüklük içermemelidir. Lif ve yonga odununda budak, çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunabilir.

Yongalevha ağırlığının yaklaşık % 90'ını odun hammaddesi oluşturduğu için ağaç türünün yoğunluğu, pH değeri, lif yapısı, yongalama sırasındaki rutubet değeri, ekstraktif madde miktarı gibi özellikleri yongalevhanın niteliklerini etkilemektedir (Akbulut, 1995).

Yongalevha üretiminde genel bir kural olarak; özgül ağırlığı düşük olan ağaç türleri tercih edilir, orta özgül ağırlıktaki türler kolaylıkla ve ucuz fiyata bulunabiliyorsa kullanılır. Çok yüksek özgül ağırlığa sahip olan türlerden üretilen levhalar hem çok ağır olacağı için hem de işleme ve taşıma maliyeti fazla olacağından dolayı bu türlerden kaçınılmalıdır (Göker ve Akbulut, 1992).

Yongalevha endüstrisinde genel olarak amaç, düzgün yüzeyli, direnç değerleri yüksek ve özgül ağırlığı düşük bir levha üretmektir. Bundan dolayı hammadde kullanımına bulunan en ekonomik çare, düşük özgül ağırlıklı ağaç türleri (ibreliler ve bazı yapraklı ağaçlar) levhanın yüzey tabakalarında, daha ağır olanları ise orta tabakalarda kullanmaktır (Göker vd. 1984).

1.3.2. Yıllık Bitkiler

Endüstriyel alanda odun hammaddesine duyulan ihtiyacın hızla artmasına karşılık, yeterli kalitede ve miktarda bu ihtiyacın karşılanamaması ve buna bağlı olarak odun hammaddesinin fiyatının artması yongalevha endüstrisinde yıllık bitkilerin kullanılması imkânlarının araştırılmasına sebep olmuştur.

Yapılan araştırmalara göre çok sayıda yıllık bitkinin kullanımının mümkün olduğu belirlenmesine rağmen yeterli miktarda bulunmaması, homojen yapıda olmaması, toplama, taşıma, depolama ve hazırlama maliyetinin yüksek olması, zararlılara karşı dayanımının oduna oranla düşük olması gibi sakıncaları yıllık bitkilerin kullanımını sınırlandırmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Yapılan çalışmalarda kenaf (Kalaycıoğlu ve Nemli, 2006), kene otu (Grigoriou ve Ntalos, 2001), ayçiçeği (Khristova vd., 1998), buğday (Han vd., 1998; Mo vd., 2003), pamuk, haşhaş ve hint keneviri sapsarı (Kollmann, 1966); tahıl (Mosseson, 1980), şeker kamışı (Mitlin, 1968; Turreda, 1983), kivi (Nemli vd., 2003) ve asma budama artıkları

(Ntalos ve Grigoriou, 2002); yer fıstığı (Jain vd., 1967), pirinç (Vasisth ve Chandramouli, 1975), badem kabukları (Gürü vd., 2006); keten (Papadapoulos ve Hague, 2003), Hindistan cevizi (Wisvanathan ve Gothandapani, 1999), mısır lifleri (Wang ve Sun, 2002); biçilmiş çimenler (Nemli vd., 2009) ve fil çimeni (Tröjer vd., 1998); atık çay yaprakları (Örs ve Kalaycıoğlu, 1991; Nemli vd.,1998) ve iğne yapraklı ağaç ibrelerinin (Nemli ve Aydın, 2007) yongalevha endüstrisinde değerlendirilebileceği tespit edilmiştir.

1.3.3. Yapıştırıcılar

Odun esaslı levha üretiminde başrolü yapıştırıcılar oynamaktadır. Yapışma kalitesi, dolayısıyla odun esaslı levhaların niteliği yapıştırıcının türü ve kalitesi tarafından belirlenmektedir. Bu yüzden odun esaslı levhaların geliştirilmesi yapıştırıcıların kalitesindeki iyileştirmeye bağlıdır (Dunky, 2003).

1.3.3.1. Organik Yapıştırıcılar

1.3.3.1.1. Sentetik Yapıştırıcılar

Sentetik reçineler, fiziksel özellikler açısından doğal reçinelere benzeyen yapay polimerlerdir. Orman ürünleri endüstrisinde sentetik reçinelerin kullanımı 1930'lu yıllarda başlamış özellikle II. Dünya savaşıdan sonra yaygınlaşmıştır. Günümüzde ise sentetik reçinelerin kullanımı giderek artmaktadır (Aydın, 2003).

Odun esaslı panel üretiminde çok çeşitli sentetik yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu alanda yapısında formaldehit bulduran yapıştırıcılar oldukça yaygın kullanılırlar. Bu reçineler, üre, melamin, fenol, resorsinol veya bunların kombinasyonu sonucu oluşan kimyasalların formaldehit ile reaksiyona sokulması sonucu elde edilir. Bu yapıştırıcılar genellikle akıcıdır ve dispersiyon veya sulu çözeltilerde dallanmış veya doğrusal polimer ve oligomerler şeklinde bulunurlar. Sertleşme ve jelleşme esnasında üç boyutlu çapraz bağlanma oluşturdukları için çözülmezler ve erimezler. Sertleşme durumları aminoplastik reçineler için asidik, fenolik reçineler için alkali veya resorsinol için nötr veya düşük alkalidir. İzosiyonat tutkalı, özellikle PMDI (polymeric 4,4-diphenyl methane

diisocyanate) orman ürünleri endüstrisinde çok çeşitli uygulamalar için kullanılan oldukça önemli kimyasal bir bileşiktir (Dunky, 2003).

1.3.3.1.1.1. Üre Formaldehit (ÜF) Tutkalı

Üre formaldehit reçinesi üre ve formaldehitin tepkimeye girmesiyle elde edilen bir yapıştırıcıdır. Farklı hazırlama ve tepkime koşulları sayesinde neredeyse sayısız türde ÜF reçinesi oluşturmak mümkündür. ÜF reçinesi termosetting özellikte olup aminoplastik yapıştırıcıların en önemli grubunu oluşturur (Dunky, 1998).

Üre formaldehit reçinesi sahip olduğu avantajları nedeniyle özellikle yongalevha ve lif levha gibi odun esaslı levha üretiminde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Park vd., 2006; Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). ÜF reçinesinin bu avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Dunky, 1998; Nemli ve Aydın, 2003; Pizzi, 2003; Goncalves vd., 2008):

- a. Reaktifliği yüksektir.
- b. Adhezyon özelliği oldukça iyidir.
- c. Tamamen sertleşebilir ve sertleşmiş haldeki rengi şeffaftır.
- d. Çok çeşitli sertleşme koşullarına uyumludur.
- e. Sulu çözelti olarak ayarlanabilir.
- f. Diğer yapıştırıcılar ile uyumlu bir şekilde kullanılabilir.
- g. Yanıcı değildir ve ısı özellikleri iyidir.
- h. Maliyeti diğer yapıştırıcılara oranla düşüktür.
- i. Kokusuzdur.

ÜF tutkalının en büyük sakıncası su ve rutubete karşı dayanımının oldukça düşük olmasıdır. Bu durum ÜF reçinesindeki aminometilen bağlarının tersinir özellikte olmasından kaynaklanır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda su ve rutubete maruz kalan ÜF reçinesindeki bu bağlar hidrolize olur. Aynı zamanda bu durum kullanım süresince ve sertleşme esnasında formaldehit emisyonun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yüzden saf ÜF reçinesi sadece rutubetin az olduğu iç mekân uygulamalarında tercih edilir (Dunky, 1998; Pizzi 2003).

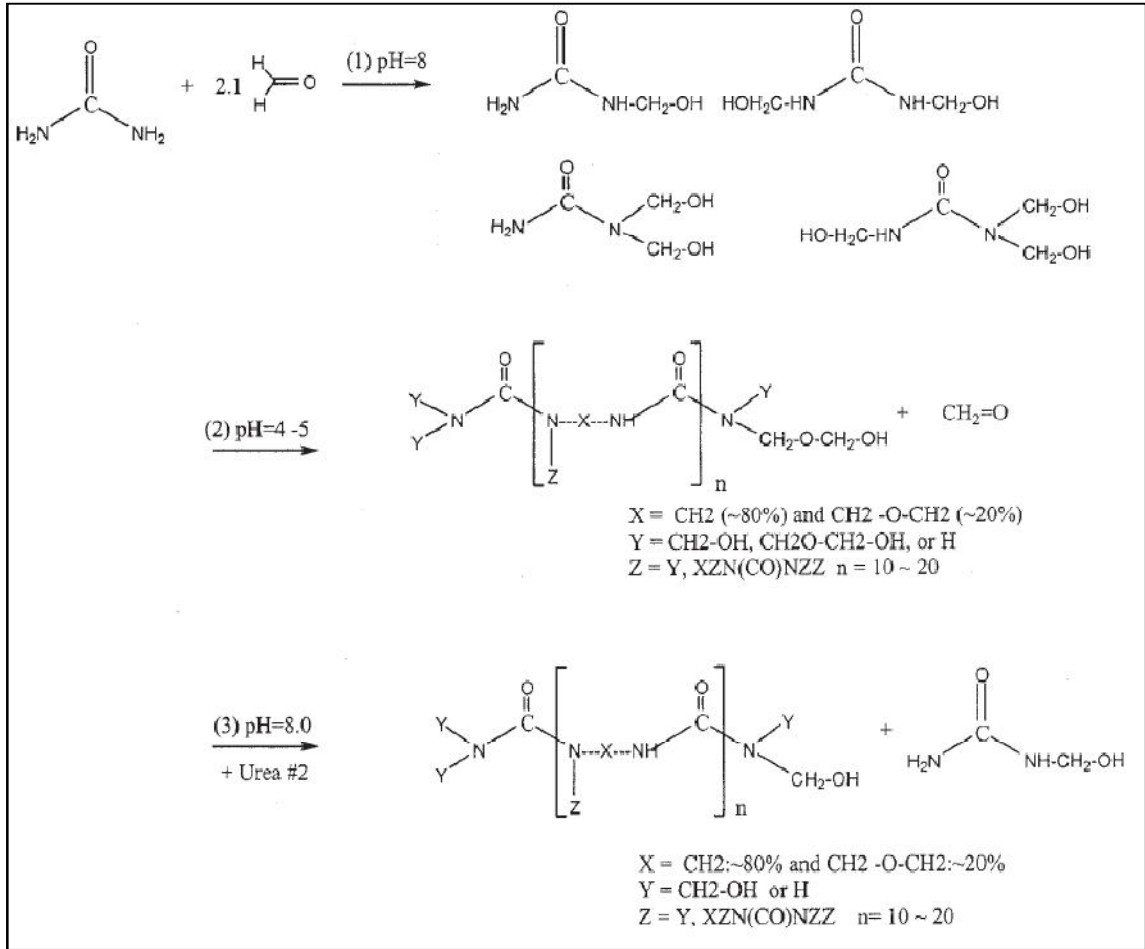
Üre ile formaldehitin kombinasyonu sonucunda doğrusal ve dallanmış bir polimer elde edilir. Bu polimerin sertleşmesiyle üç boyutlu ağısı yapı oluşur. Bu durum üredeki 4 ve

formaldehitteki 2 fonksiyonel yapıdan kaynaklanmaktadır. Reaksiyon ürünlerinin belirlenmesindeki önemli faktörler şunlardır:

- a. Üre ve formaldehitin mol oranı ilişkisi
- b. Tepkime sıcaklığı
- c. Kondenzasyonun geçtiği pH değerinin çeşitliliği

Bu faktörler reçinenin moleküler ağırlığındaki artış oranını etkilemektedir. Bu yüzden daha düşük ve daha yüksek kondenzasyon evreleri kıyaslandığında çözünürlük, viskozite, su tutuculuk ve yapıştırıcının sertleşme oranı gibi reaksiyon ürünlerinin nitelikleri oldukça farklılık gösterir. Bunların hepsi büyük ölçüde molekül ağırlığına bağlıdır (Pizzi, 1994).

Üre ile formaldehitin tepkimesi iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşama olan alkali kondenzasyonda mono-, di- ve trimetilölüre oluşur (Pizzi, 2003). Yüksek mol oranında ($F/\bar{U}=1,8-2,5$) gerçekleşen metilölleşme reaksiyonu üç molekül çift fonksiyonlu formaldehit ile bir molekül üreden metilölürelerin elde edilmesidir. Elde edilmiş metilöl grupların özellikleri ve türü F/\bar{U} mol oranına bağlıdır. Her bir metilölleşme aşamasının kendine özgü hız sabiti (k_i) değeri vardır. İleri ve geri reaksiyonlar için farklı k_i değerleri vardır (Dunky, 2003). Bu tepkimelerin tersinir özellikte olmasından dolayı $\bar{U}F$ reçinesi su veya rutubete maruz kaldığında hidrolize olur ve böylece formaldehit emisyonu ortaya çıkar (Dunky, 1998). Metilöl gruplarının oluşumu çoğunlukla F/\bar{U} mol oranına bağlı olduğu için daha yüksek mol oranı kullanıldığında daha yüksek moleküler ağırlıkta metilölleşmiş türlerin oluşumu artmaktadır. Üre ve formaldehit tepkimesinin ikinci aşaması ise metilölürelerin asit kondenzasyonudur ve bu aşamada öncelikle çözülebilir ve daha sonra çözülemeyen çapraz bağlanmış reçine meydana gelir. Asit kondenzasyon aşamasında alkali aşamasında olduğu gibi F/\bar{U} mol oranı 1,8-2,5 arasında olmalıdır. Eğer bu oran 1,8'den daha düşük olursa reçinede çökeltme meydana gelir (Dunky, 2003). Asit aşamasındaki ürünler, üre ile formaldehitin sulu çözeltisinden veya metilölürelerden çökelmiş olan düşük molekül ağırlıklı metilenürelerdir $[H_2NCONH(CH_2NCONH)_nH]$. Bunlar reçinenin sertleşme reaksiyonunun sürdürülebilmesi için metilöl grupları içerir. Monometilölüreler asit kataliziyle kopolimerize olurlar ve polimer üretirler ve daha sonra oldukça dallanmış ve sertleşmiş ağ oluştururlar (Pizzi, 2003). Üre formaldehit reçinesinin oluşum aşamaları şekil.1' de verilmiştir (No ve Kim, 2004).



Şekil 1. Üre formaldehit reçinesinin oluşum aşamaları

Üre molekülleri arasındaki bağların şekli kullanılan koşullara bağlıdır: düşük sıcaklık ve düşük alkali koşullarında metilen eter köprüleri (-CH₂-O-CH₂-) oluşur, daha yüksek sıcaklık ve daha düşük asit koşullarında ise daha kararlı metilen köprüleri (-CH₂-) oluşur. Eter köprüleri formaldehitin parçalanmasıyla metilen köprülerine dönüştürülebilir. Bir eter köprüsü iki tane formaldehit molekülüne ihtiyaç duyar ve metilen köprüsü kadar kararlı değildir. Bu yüzden günümüzde yaygın olarak kullanılan düşük formaldehit içerikli ÜF reçinesinde eter gruplarının oluşumu istenmemektedir (Dunky, 1998).

İkincil üre olarak isimlendirilen ürenin nihai ÜF reçinesine katılmasıyla F/Ü mol oranı düşük reçine elde edilir. İkincil ürenin ilavesi işlemi özel dikkat gerektirir. Özellikle düşük mol oranlı reçine ile lif levha ve yongalevha üretilmesi işleminde reçinenin iyi bir performans sağlaması oldukça önemlidir (Dunky, 2003). Ticari ÜF reçinelerinin hazırlanmasında kullanılan en yaygın metot tepkimenin hazırlanması aşamasında bir miktar ikincil üre ilavesidir. Bu durum eşitlik oranlarından daha fazla üre ile formaldehitin

tepkimeye girmesine neden olur. Genellikle ilk aşamada Ü/F mol oranı 1:2,0-2,2 oranında kullanılmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık değerinin 90-95°C'ye çıkarılmasıyla metilolleşme kısa sürede gerçekleşir. Daha sonra karışım tekrarlanabilen bir yoğunlaşma şeklinde muhafaza edilir. Isı çıkışı azalırken (genellikle 10 – 30 dk arasında) metilol bileşikleri oluşmaktadır. ÜF polimerlerinin oluşumu için pH değeri az miktardaki asit yardımıyla azaltılarak (pH=5,0-5,3) reaksiyon tamamlanır. Arzu edilen viskoziteye ulaşıldığında pH değeri ÜF polimerlerinin oluşumunu durdurmak için artırılır ve reçine çözeltisi 25-30°C'ye soğutulur. Üre ile formaldehit mol oranı 1:1,1 - 1:1,7 arasındaki değerlere ulaşıncaya kadar fazla miktardaki formaldehit ikincil üre ilavesiyle tüketilir. İkincil üre ilavesinden sonra 25-30°C'de 24 saat boyunca reaksiyon devam ettirilir. Çözeltideki fazla su reçinedeki katı madde miktarı % 64-65 seviyesine ulaşıncaya kadar vakum destilasyonu ile uzaklaştırılır. pH değeri ise reçinenin uygun depolama koşullarına göre ayarlanır (Pizzi, 1994).

Sıcak presleme sırasında polimerizasyon ve kondenzasyon reaksiyonları tamamlanmaktadır. Asidik koşullarda sertleşen bir tutkal türü olan üre formaldehit için en iyi sertleşme 120°C sıcaklık ve pH 4-5 civarında gerçekleşmektedir. Sıcak preslemedeki ısı etkisi ile ön kondanze olmuş olan tutkal, çapraz bağlanma reaksiyonları ile düzgün bir film oluşturmaktadır. Reaksiyon tersinir olduğu için gereğinden fazla ısı uygulaması üre formaldehit tutkalının hidrolizine sebep olabilmektedir. Preslemede gereğinden yüksek pres sıcaklık ve süresi uygulanmamalı, preslemeden sonra üretilen levhalar soğutulmalıdır (Nemli ve Aydın, 2003).

Yüksek ve düşük formaldehit içerikli ÜF reçineleri arasındaki temel fark reçinenin reaktifliğidir. Bu durum serbest formaldehit miktarının ve sertleşmiş reçinedeki çapraz bağlanma derecelerinin farklılığının bir sonucudur. Temel problem ÜF reçinesindeki formaldehit miktarını reçinenin performansında önemli bir değişiklik yapmadan azaltmaktır. Teorik olarak bu durum mümkün değildir çünkü formaldehit kondenzasyon reaksiyonu boyunca üre ile formaldehitin tepkimesinde reaktif bir partnerdir. F/Ü mol oranının azalması sertleşmiş reçinedeki çapraz bağlanma ve dallanma derecesinin azalması anlamına gelmektedir. Bu durum kohezyon bağlanma direncinde bir azalmaya neden olmaktadır. Çapraz bağlanma derecesi iki bileşenin mol oranı ile doğrudan ilgilidir. Mol oranı ÜF ile üretilmiş odun esaslı levhaların özelliklerini etkilemektedir. Mol oranının azalmasıyla üretim esnasındaki formaldehit emisyonu, kullanım boyunca oluşan

formaldehit emisyonu, mekanik özellikler ve sertleşme derecesi azalır. Bununla birlikte kalınlığına şişme, su alma ve hidroliz hassasiyeti artar (Dunky, 2003).

Mevcut çalışmalara göre formaldehit emisyonunun üç temel kaynağı vardır (Tohmura vd., 2001). Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- a. Reçinedeki serbest formaldehit
- b. Hidroksimetil grupları ile diğer aromatik karbonlar veya iki hidroksimetil grubu arasındaki kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan formaldehit
- c. Özellikle yüksek sıcaklık ve rutubet koşullarında sertleşmiş reçinenin hidrolitik bozunması sonucu oluşan formaldehit

Formaldehit renksiz ve keskin kokulu olup canlı sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Formaldehit burun ve boğazda tahrişe ve yanmaya, gözlerde sulanmaya, hırıltı ve öksürmeye, yorgunluk hissine, deride kaşıntıya, şiddetli alerjik reaksiyona sebep olmaktadır. Yüksek miktarlarda ise astım ve kansere neden olabilir (CPSC, 1997).

Üre formaldehit reçinesinin önemli problemlerinden biri olan formaldehit emisyonunun azaltılması için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- a. Üre formaldehit reçinesine belirli oranlarda melamin veya üre ilave edilebilir (Pizzi, 1994; Tohmura vd., 2001; No vd., 2007; Park vd., 2008).
- b. Volkanik toz, tanen, kömür ve buğday tozları, amonyum tuzları ve polivinil alkol, poliakrilamid, nişasta, borakspentahidrat, vanilin ve kateşin gibi formaldehit tutucu özellikte olan katkı maddeleri ilavesiyle emisyon miktarı azaltılabilir (Pizzi vd. 1994; Basta vd., 2004; Kim vd., 2006 ; Uchiyama vd., 2007; Kim, 2009; Sensogut, 2009).
- c. Formaldehit/üre mol oranının düşürülmesi ile formaldehit emisyonu miktarı azaltılabilir (Myers, 1984; Pizzi, 1994).

1.3.3.1.1.2. Melamin Formaldehit (MF) Tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı açık ve yarı açık alanlardaki odun panellerin ve düşük veya yüksek basınçlı kâğıt laminatların ve overlayin yapıştırılması ve hazırlanmasında yaygın bir şekilde kullanılır (Pizzi, 1994).

Formaldehit öncelikle melaminin amino grupları ile metilol bileşikleri oluşturur. Melamindeki amino grubu iki molekül formaldehiti kolaylıkla tutar. Bir molekül melamine altı moleküle kadar formaldehit tutturulabilir. Metilolleşme aşamasında 2-6 metilol gruplarında oluşan metilol bileşikleri meydana gelir. Melamin reçinesi ÜF reçinesine

oranla suda daha az çözüldüğü için, MF reçinesinin oluşumunda hidrofilik aşama hızlı bir şekilde gerçekleşir. Bu yüzden MF kondenzasyonun hidrofobik ara ürünleri reaksiyonun ilk aşamalarında ortaya çıkar. Bu reçinenin kondenzasyonu ve sertleşmesi sadece asidik koşullarda değil, nötral ve hatta zayıf alkali şartlarında da gerçekleşir. Metilol melaminlerin ileri reaksiyon mekanizmasında oluşan hidrofobik ara maddelerin oluşumu su ve formaldehitin ayrılmasıyla gerçekleşir. Metilen ve eter köprüleri ve reçinenin moleküler büyüklüğü hızlı bir şekilde artar. Oluşan bu ara ürünler ticari MF reçinesini oluşturur. Nihai sertleşme işleminde amino ve metilol grupları çözünmez ve erimez özellikteki MF reçinesini oluşturur (Pizzi, 1994).

Melamin formaldehit reçinesini ÜF reçinesinden ayıran en önemli fark suya karşı daha dayanıklı olmasıdır. Melamin formaldehit reçinesi pahalı olduğu için, genellikle üre ilave edilerek daha ucuz olan melamin-üre-formaldehit (MÜF) reçinesi elde edilir. MÜF reçinesinin suya karşı direnci üre bileşeninden dolayı daha azdır. Yongalevhaların rutubete karşı direncini artırmak için MÜF reçinesine üretimi esnasında yaklaşık % 5-15 kadar fenol veya resorsin ya da hazırlanmış reçineye kan albümini ilave edilebilir (Çolakoğlu vd., 2002).

MÜF reçinesinin hazırlanması işlemi melamin ve ürenin ilave edilme önceliklerine göre üç farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Birinci işlemde öncelik sırası melamin, üre ve ikinci üre şeklindedir (MÜÜ). İkinci işlemde ise üre, ikinci üre ve melamin sırasıyla ilave edilir (ÜÜM). Üçüncü işlemde ise bu sıra üre, melamin ve ikinci üre şeklindedir (ÜMÜ) (Pizzi, 1994).

Tutkal karışımı MF reçinesinin son kullanım yeri isteklerine göre belirlenip hazırlanır. Yongalevhaların üretiminde kullanılacak MF veya MÜF yapıştırıcıları için sertleştirici olarak ÜF reçinelerinde olduğu gibi amonyum klorür veya amonyum sülfat gibi amonyum tuzları kullanılır. Birçok uygulama için MF reçinesinin sertleşme sıcaklığı 115°C'dir (Çolakoğlu vd., 2002). Bununla birlikte 60-70°C gibi düşük sıcaklıklarda da sertleşebilmektedir (APA, 1998).

1.3.3.1.1.3. Resorsin Formaldehit Tutkalı

Resorsin formaldehit tutkalı her türlü iklim koşullarına dayanabilen oldukça etkili bir yapıştırıcıdır. Bununla birlikte asitlere, zayıf alkalilere ve kaynar suya dayanıklıdır. Tüm bu üstün özelliklerine rağmen maliyetinin yüksek olması kullanımını sınırlandırmaktadır.

Saf olarak genellikle özel amaçlar için kullanılır. Özellikle inşaat sektöründe ağaç konstrüksiyonların yapıştırılmasında, uçak ve gemi inşaatında kullanılır. Maliyetinin yüksek olması ve kondenzasyon reaksiyonunun tam olarak tamamlanması yaklaşık olarak 1 hafta sürdüğü için levha endüstrisinde yaygın olarak kullanılmamaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

1.3.3.1.1.4. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı

Fenol formaldehit tutkalı fenol ve formaldehitin asit veya alkali bir katalizör yardımıyla tepkimeye sokulmasıyla elde edilir. FF formaldehit reçineleri genel olarak kullanılan katalizörün türü ve tepkimeye giren maddelerin mol oranlarına göre “novalak” ve “resol” adı verilen iki gruba ayrılır. Novalak ve resol reçineleri sahip oldukları özelliklerinden ve uygulama alanlarından dolayı birbirlerinden oldukça farklıdır (Aydın, 2003).

Novalak tutkalı formaldehit ile fenolün asidik koşullar altındaki tepkimesinden elde edilir. Fenol/formaldehit oranları ortalama 1:0,70-0,85'tir. Genellikle katalizör olarak oksalik, hidrolik, fosforik, toluen sülfonik ve sülfürik asitler kullanılır. Bu tür reçineler yapılarında reaktif metilol grupları içermedikleri için bir sertleştirici yardımıyla sertleşirler. Reaksiyonun tamamlanabilmesi için novalak reçinesine formaldehit ilave edilir. Asidik katalizör ağaç malzemeye zarar verdiği için bu tutkal türü ağaç işleri endüstrisinde kullanılmaz (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Resol olarak isimlendirilen formaldehit reçinesi alkali koşullarda üretilir. Resol reçinesinin üretilmesi için NaOH gibi alkali bir katalizör sisteme ilave edilir. Daha sonra sıcaklık 80-100°C arasına ayarlanır. Reaksiyon sıcaklığının 100°C'nin üzerine çıkmaması sağlanır. Reaksiyon süresi pH, fenol / formaldehit mol oranı, reaksiyonu geciktirici alkol gibi maddelerin varlığı veya yokluğu ve reaksiyon sıcaklığına bağlı olarak değişir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Kondenzasyon reaksiyonu üç aşamada gerçekleştirilir. Öncelikle metilol fenoller elde edilir. Metilol fenollerin elde edilmesinden sonra su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrılması ile etilen köprüleri oluşur. Kondenzasyon, diğer tutkallarda olduğu gibi çözeltinin nötrleşmesi ve soğutulması ile henüz ara ürün suda çözülebilir durumda iken durdurulur. Tutkallama işleminde yarıda kalmış kondenzasyonun devamı sağlanır. Bunun için uygun konsantrasyonda hazırlanmış olan tutkal çözeltisine sertleştiriciler ilave

edilir. Yüksek ısı derecelerindeki yapıştırma işleminde sertleştirici ilavesine gerek yoktur. Önce kondenzasyon ağ oluşturacak şekilde ilerler ve sonunda organik maddelerle çözünmeyen, şişmeyen ve erimeyen katı bir madde oluşur (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Fenolik reçinelerin molekül ağırlıkları oldukça yüksektir. Fenol formaldehit tutkalı dayanıklı, sert, suya karşı dirençli ve yongalar arasında kuvvetli yapışma sağlamaktadır. Sıvı haldeki fenolik reçineler oduna nüfuz ederek hücre çeperini şişirdiğinden dolayı, sıcaklık ile sertleşince odunu dirençli kılmakta ve mükemmel bir boyutsal stabilite sağlamaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.3.3.1.1.5. Termoplastik Tutkallar

Termoplastik yapıştırıcılar ısıtılmak sureti ile yumuşayabilen ve soğutulduklarında sertleşebilen yapıştırıcılardır. Bu tür tutkallar soğuk olarak uygulanabilir, yüzeylere kolaylıkla sürülebilir, hızlı bir şekilde sertleşir, yanmaz ve kokusuz özelliğindedir, işleme sırasında aletleri yıpratmaz ve ağaç malzemede lekelenmeye sebep olmaz. Tüm bu avantajlarına rağmen 70°C sıcaklıktan itibaren yapıştırma özelliğini kaybetmesi bu tür tutkalların kullanım alanını sınırlandırmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

Teorik olarak, PVAc ve PVC gibi termoplastik tutkallar yongalevha endüstrisinde ya yalnız veya içerisinde ÜF ve FF ilave edilerek kullanılabilir. Fakat bu tutkallarla yapıştırılan levhalar yüksek sıcaklıklarda kolayca deforme oldukları için yongalevha üretiminde kullanılmazlar (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

1.3.3.1.2. Doğal Yapıştırıcılar

Doğal yapıştırıcıların endüstrideki kullanımını uzun bir süredir araştırılmasına rağmen, henüz yaygın bir şekilde kullanımı gerçekleştirilememiştir. Endüstrinin ve genel kamuoyunun doğal ve yenilenebilir kaynaklara dayalı yapıştırıcıların kullanımını düşüncesi yeni teknolojilerin ve metotların uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Sentetik reçine kullanımındaki artışa rağmen, doğal ürünlerin kimyasal modifikasyonu ile yüksek performans ve kaliteye sahip yeni ürünlerin üretilmesi gerçekleştirilebilir. Düşük zehirlik, biyolojik bozunabilirlik, elde edilebilirlik ve alternatiflerine oranla üretim metotlarının daha etkili olması ve düşük maliyet gerektirmesi doğal tutkalların üstünlükleri olarak

sayılabilir. Doğal tutkalların endüstride yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli olan hammaddenin iklimsel ve coğrafi koşullardan dolayı sınırlanmamış olması ve elde edilebilirliğinin sürekli olması gerekmektedir (Dunky, 2003).

1.3.3.1.2.1. Bitkisel Yapıştırıcılar

1.3.3.1.2.1.1. Tanen Tutkalı

Tanenler; su, alkol ve asetonla çözülebilen ve proteinle pıhtılaşabilen bitki kökenli polihidroksifenollerdir. Ekstraksiyon yoluyla odun, kabuk, yaprak ve meyveden elde edilebilirler (Dunky, 2003). En önemli tanen kaynakları mimoza (*Acacia mollissima L.*) ve quebrako (*Schinopsis lorenzii*) olmakla birlikte tsuga (*Tsuga heterophylla*), duglas (*Pseudotsuga menziessi*) ladin ve *P. radiata*, *P. patula*, *P. elliotti* gibi bazı çam türlerinin kabukları da tanen üretiminde kullanılmaktadır (Fidan vd., 2010).

Odun esaslı levhalarda yapıştırıcı olarak tanen kullanılmasının en önemli ölçütü reaktif polifenol miktarı ve bu bileşiklerin formaldehit ile reaktivliğidir. Tanen yapıştırıcı olarak tek başına kullanılabildiği gibi aminoplastik ve fenolik reçinelerle de kullanılabilir. Paraformaldehit ilavesi kısa sürede yüksek seviyede formaldehit emisyonuna neden olmaktadır. Düşük formaldehit emisyonuna sahip levha üretilmesi için tutkal karışımında kullanılan paraformaldehit miktarı belirlenmiştir ve endüstride kullanılmaktadır (Dunky, 2003).

Dış mekân uygulamalarında tanen esaslı tutkalların kullanılabilmesi için fenol formaldehit, resorsin formaldehit veya diizosiyanat gibi tutkallarla desteklenmesi gerekmektedir (Fidan vd., 2010).

1.3.3.1.2.1.2. Lignin Tutkalı

Fenilpropan ünitelerinden oluşan lignin, bitki fibrillerini bir arada tutan fenolik bir yapıştırıcıdır. (Pizzi, 1994; Dunky, 2003; Hafızoğlu ve Deniz, 2010).

Kâğıt hamuru fabrikalarında sülfat hamuru üretiminin atığı olması ve yıllık bu atık miktarının 75 milyon ton civarında olması, ligninin yapıştırıcıların üretiminde alternatif bir hammadde olarak değerlendirilmesine neden olmuştur (Pizzi, 1994; Dunky, 2003).

Lignin çekirdeğindeki serbest pozisyon sayısının az olması ve reaktifliğinin FF reçinesine kıyasla daha düşük olması nedeniyle lignin tutkalının sıcaklık ve mineral asit vasıtasıyla gerçekleşen kondenzasyon reaksiyonu FF reçinesininki kadar etkili değildir. Yeterli bir sertleşme için yüksek pres sıcaklığı, uzun pres süresi ve yüksek asit konsantrasyonu gerekmektedir (Pizzi, 1994). Lignin hammaddesinin kimyasal açıdan çeşitliliği, düşük reaktifliğinden dolayı pres süresinin uzun olması ve güçlü asit konsantrasyonundan dolayı korozyona sebep olması ligninden elde edilen tutkalların sakıncalarıdır (Dunky, 2003).

ÜF ve FF gibi geleneksel tutkalların dışında ligninin odun esaslı levha üretiminde tek başına yapıştırıcı olarak kullanılabilirliği üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Fakat arzu edilen ölçüde çapraz bağlanmanın gerçekleşebilmesi için lignine poliizosiyonat, poliakrilamid, aminler veya melamin gibi katkı maddelerinin ilavesi gereklidir (Pizzi, 1994). Günümüz endüstrisinde saf olarak ligninin kullanımı söz konusu değildir (Dunky, 2003).

1.3.3.1.2.1.3. Soya Tutkalı

Soya esaslı tutkallar 1923 yılında geliştirilmiş olmasına rağmen, petrol esaslı yapıştırıcıların direnç özellikleri ve suya dayanımı daha iyi olduğu için bu tutkalların kullanımı akim kalmıştır. Soya tutkalları yenilenebilir ve çevre dostu olduğu için son yıllarda alternatif bir yapıştırıcı olarak düşünülmektedir (Huang, ve Sun, 2000a; Lambuth, 2003).

Düşük maliyetli olması, işlenmesinin kolay olması, düşük pres sıcaklığı gerektirmesi, ve yüksek rutubet miktarlarında oduna bağlanabilmesi gibi özellikleri soya proteininin yapıştırıcı olarak avantajları arasında sayılabilir (Li, vd.,2004). Bu olumlu özelliklerine rağmen suya karşı dayanımının ve bağ direncinin düşük olması en önemli sakıncasıdır. Bu problemin azaltılması ve ilave özellikler kazandırılması için soya tutkalına çeşitli iyileştirmeler uygulanmaktadır. Üre, guadine hidroklorit, sodyum dodesil sülfat ve sodyum dodesil benzen sülfat, alkali (NaOH) ve tripsin ilavesiyle soya proteini tutkalının bağ direnci ve suya dayanımı arttırılmıştır (Hettiarachchy, vd., 1995; Huang, ve Sun, 2000a; Huang, ve Sun, 2000b).

1.3.3.1.2.2. Hayvansal Tutkallar

Hayvansal tutkallar, koyun ve sığır gibi çeşitli hayvanların deri ve kemiklerinden elde edilir. Bu tutkallar toz, jel ve küçük parçacıklar halinde bulunabilir. Katı formdaki tutkallar kullanılmadan önce su ile muamele edilirler. Uygulanabilir viskozite seviyesine ulaşmak için tutkal 60°C sıcaklığa kadar ısıtılır. Bazı hayvansal tutkallar, özellikle balık tutkalları, uygun sıvı formda bulunabilir (Eckelman, 1997).

Hayvansal tutkallardaki protein yüksek miktarlarda amid grubu (-CONH-), karboksilik asit grubu (-COOH) ve amino grupları (-NH-, -NH₂) içermektedir. Bu fonksiyonel gruplar birbirleri arasında ve protein zincirleri arasında etkileşime girerler. Bu etkileşimler sayesinde hayvansal tutkalların dirençleri ve adhezyonu sağlanmış olur (Blomquist, 1981).

Hayvansal tutkallar diğer yapıştırıcılarla kıyaslandığında rutubete karşı dayanımının düşük olması, mantar ve küflenmeye neden olması, her yerde kullanılamaması, uygun sıcaklıkta uygulanabilmesi ve pahalı olması olumsuz özellikleri olarak sıralanabilir (Eckelman, 1997).

1.3.3.1.2.2.1. Kazein Tutkalı

Kazein tutkalı, yağsız sütün bir asit yardımıyla veya doğal olarak asitlendirildikten sonra kazein proteinleri çöktürülür ve bu çökelti ayrıldıktan sonra kurutularak elde edilir. Tutkalın hazırlanması işleminde, katı kazein sodyum hidroksit veya kireç çözeltisi gibi orta dereceli alkalilerde kolayca çözündürüldükten sonra kullanılır. Tanence zengin olan odun türlerinde kullanıldığında lekelenmeye sebep olduğu için mobilya gibi alanlarda kullanımından sakınılmaktadır. Ayrıca mantar ve küflenme problemleri söz konusudur (Eckelman, 1997).

1.3.3.1.2.2.2. Kan Albümini Tutkalı

Kan albümini tutkalı mezbahanelerde ortaya çıkan tüm kanlardan elde edilebilir. Taze haldeki kandan serumun buharlaştırılmasıyla kurutulmuş kan tozu elde edilir. Kan albümini hazırlanmasında kan tozlarına su ve kostik soda veya kireç gibi bazı kimyasallar

ilave edilir. Kan albümini tutkallarının iyi bir şekilde sertleşebilmesi için sıcak presleme gerekmektedir. Kuru durumda kan albümini tutkalının bağ direnci kazeine oranla daha düşük, rutubete karşı dayanımı ise daha yüksektir (Eckelman, 1997).

Formaldehit ve fenol formaldehit reçineleri ilave edilmiş kan esaslı tutkaldan üretilen kontrplakların suya dayanımı, bağ direnci ve küflenmeye karşı direncini artırmıştır (Blomquist, 1981).

1.3.3.2. Anorganik Yapıştırıcılar

Anorganik yapıştırıcı olarak genellikle çimento ve alçı kullanılmaktadır. Bu bağlayıcılar ile üretilen odun esaslı kompozitler çoğunlukla inşaat sektöründe yalıtım amaçlı kullanılmaktadır (Kalaycıoğlu, 1991).

Anorganik yapıştırıcılar ile üretilen odun kompozitleri sentetik esaslı reçineler ile üretilen kompozitlerle kıyaslandığında bazı üstün özelliklere sahiptir. Bunlar; hammadde tercihinde daha az seçici olması, dış hava koşullarına karşı daha dayanıklı olması, boyutsal karalılığının daha iyi olması, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı daha dayanıklı olması şeklinde sıralanabilir (Aslan, 2007). Bu olumlu özelliklerine karşın yeterli sertleşme ve yoğunluk için uzun pres süresi gerektirmesi sakıncasıdır (Jorge, 2008).

1.3.4. Katkı Maddeleri

Yongalevha endüstrisinde katkı maddeleri levhanın üretim koşullarının iyileştirilmesi ve levhaya ilave özellikler kazandırılması amacıyla katılırlar.

1.3.4.1. Sertleştirici Maddeler

Sertleştirici maddeler sıcak preste tutkalın hızlı bir şekilde sertleşmesi amacıyla tutkal çözeltisine ilave edilirler. Böylece sıcak presleme süresi kısalmış ve pres kapasitesi artırılmış olur. Diğer taraftan tutkal ile yonga karışımının sıcak pres aşamasından önce sertleşmemesi gerekmektedir. Bu çelişkinin ortadan kaldırılması için sertleştiriciyle birlikte bir tamponlayıcı madde kullanılmaktadır (Akbulut, 1991).

Tutkalların sertleşmesini hızlandırmak için çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bu maddelerin belirlenmesinde kullanılan tutkal türü dikkate alınır.

ÜF tutkalının sertleşmesi ancak bir tutkal ilavesiyle mümkündür. ÜF tutkalının sertleşmesi işlemi nötralleşme yoluyla yarıda kesilen asit kondenzasyon aşamasının devam ettirilmesinden ibarettir. Asidik koşullar maleik asit, formik asit ve fosforik asit gibi direkt asit ilavesiyle veya alüminyum sülfat gibi suda çözünebilen asit bileşikleri yardımıyla sağlanır. Günümüzde genellikle bu amaç için amonyum klorür ve amonyum sülfat kullanılmaktadır. Amonyum sülfat tutkaldaki serbest formaldehit ile tepkimeye girerek sülfürik asit oluşturur ve böylece pH değeri azalır. Oluşan bu asidik durum kondenzasyon reaksiyonunun devamına sebep olur ve neticede sertleşmiş tutkal bağı elde edilir. pH değerindeki azalma ortamdaki serbest formaldehit ve sertleştirici miktarına bağlıdır ve ısı ile hızlandırılabilir (Dunky, 1998).

Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılması durumunda, serbest formaldehit ile tepkimeye giren amonyum klorür hidroklorik asit, heksametilentetramin ve su oluşmasına neden olur. Tepkime sonucu oluşan hidroklorik asit tutkalın asitliğini artırarak sertleşme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Pres sıcaklığının artırılmasıyla pH değeri düşürülerek sertleşme işlemi hızlandırılır (Akbulut, 1991).

Yongalevha üretiminde yongalar tutkalandıktan sonra sıcak pres aşamasına gelene kadar geçen süre içerisinde kısmi sertleşme ihtimali söz konusudur ve bu durum yapışmayı olumsuz etkileyeceği için levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürür. Arzu edilmeyen bu ön sertleşmeyi önlemek için tutkal çözeltisine genellikle amonyak (NH₃) ilave edilir. Amonyak sıcak pres işleminden önceki aşamada oluşabilecek asidi nötralize ederek ön sertleşmeyi engeller. Sıcak pres aşamasında ise sıcaklığın etkisiyle amonyak buharlaşarak uzaklaştıktan sonra sertleşme işlemi gerçekleşir (Akbulut, 1991).

Fenol formaldehit ve melamin formaldehit tutkallarının sertleşmesi için ilave bir sertleştiriciye gerek yoktur. Paraformaldehit, resorsin ve potasyum karbonat gibi sertleştiriciler fenol formaldehit tutkalına, kuvvetli asitlerin tuzları ise melamin formaldehit tutkalına pres süresini ve sıcaklığını azaltmak için ilave edilebilir (Akbulut, 1991).

1.3.4.2. Hidrofobik Maddeler

Yongalevha üretiminde levhanın boyutsal kararlılığını muhafaza etmek amacıyla su itici özellikte çeşitli maddeler kullanılır. Bu maddeler yardımıyla levhanın su alma ve

kalınlık artışı özellikleri iyileştirilmiş olur. Su itici özellikteki maddeler levhanın su almasını tamamen önleyemezler fakat su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su veya yüksek rutubete maruz kalsa bile bu durumdan etkilenmez (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Boyutsal kararlılığı muhafaza etmek için parafin ve mumlar kullanılmaktadır. Günümüzde ise genellikle parafin tercih edilir. Parafin çeşitli yöntemlerle uygulanabilir. Sıvı veya sulu dispersiyon halinde yongalara püskürtülebilir, sulu dispersiyonu tutkal çözeltisi içine karıştırılabilir, ısıtılarak sıvı hale getirilir ve yongalara sıcak olarak püskürtülebilir veya zımpara tozları ile karıştırılarak yonga içine katılabilir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). Yapılan bir çalışmada, parafin sırasıyla önce parafin-sonra tutkal, önce tutkal-sonra parafin ve karışık halde yongalara uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en iyi direnç özellikleri önce parafin- sonra tutkal uygulamasından elde edilmiştir (Baharoğlu, 2010).

Uygulamada parafin miktarı tam kuru yonga ağırlığına göre belirlenir. Genellikle yapraklı ağaçların kullanımında % 0,5-1,0 oranında, iğne yapraklı ağaçların kullanımında ise % 0,3-0,5 oranında ilave edilir (Bozkurt ve Göker, 1990). Parafin kullanımının % 1'i aşması durumunda levhanın bazı özellikleri olumsuz etkilenir. Bu problem levha yoğunluğunun veya tutkal miktarının arttırılmasıyla telafi edilebilir (Göker ve Akbulut, 1992).

Boyutsal kararlılığın muhafazası için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar yongalara uygulanan ön işlemler, levhaya uygulanan son işlemler ve üretim aşamasında uygulanan işlemler şeklinde üç gruba ayrılabilir. Ön işlemler adı altında yongaların buharlanması, kimyasal ve termal modifikasyonlar uygulanır. Levhaların termal modifikasyonu son işlem olarak tanımlanmaktadır. Üretim aşamasında uygulanan işlemler ise tutkal miktarının arttırılması, levha taslağının şekli ve suya karşı dayanıklı maddelerin ilavesi sayılabilir (Mantanis ve Papadopoulos, 2010).

1.3.4.3. Koruyucu Maddeler

Koruyucu maddeler yongalevhanın bitkisel ve hayvansal zararlılara ve yangına karşı dayanımını arttırmak amacıyla kullanılırlar.

Fenol ve pentaklorofenol tuzları, kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C) ve amonyaklı bakır arsenik gibi kimyasal maddeler bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı levhanın

dayanımını artırmak için kullanılırlar (Kartal ve Clausen, 2001). Mantar ve böceğe karşı % 2 oranında pentaklorofenol kullanıldığı takdirde yeterli koruma sağlanmaktadır. Pentaklorofenol yapışmayı olumsuz etkilediği için bu oranın % 2'yi geçmesi arzu edilmez (Göker ve Akbulut, 1992).

Yanmaya karşı dayanımı artırmak için mono- ve di- amonyum fosfat, borlu bileşikler, fosforik asit, amonyum fosfat, amonyum borat, çinko klorit, çinko borat, magnezyum hidroksit ve alüminyum hidroksit gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Kamal, vd., 2009; Gürü, vd., 2009). Yapılan bir araştırmada yongalevha üretiminde amonyum fosfat ve borik asit kullanımının yanmaya karşı dayanım özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir (Grexa ve Lübke, 2001).

1.4. Yongalevha Üretim Tekniği

Yongalevha üretiminde ilk aşama odun hammaddesinin depolanması işlemidir. Genellikle fabrikalarda ortalama 1 yıllık üretim için gerekli hammadde depo edilir. Depolarda çürümeyi engellemek için istif zeminden en az 30 cm yüksekliğe yapılmalıdır. Odun rutubeti lif doygunluk noktası altına düşürülmemelidir.

Depolanmış tomruklar üretime alınmadan önce kabuk soyma işlemine tabi tutulurlar. Özellikle dış tabaka yongası elde edilecek tomrukların kabuk içermemesi istenir.

Yongalevhalar genellikle üç tabakalı üretildiği için dış ve orta tabakalarda kullanılan yongaların özellikleri birbirinden farklıdır. Dış tabakalarda kullanılan yongalar küçük boyutlu iken orta tabakadakiler daha büyük boyutludur.

Yongaların üretilmesi iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Birinci yöntemde önce kaba yonga üretilir, ardından bu kaba yongalar değirmenlerde veya ince yongalama makinelerinde üretime uygun hale getirilir. İkinci yöntemde ise yongalevha üretime uygun incelikte ve uzunluktaki yongalar doğrudan tomruktan üretilir ve bu işleme normal yongalama denir. Bu yongalar arzu edildiği takdirde yongalama makinelerinde küçültülebilirler.

Silindir veya diskli kaba yongalama makineleri, genellikle endüstri artıklarının yongalanmasında kullanılmaktadır. Odunlar, ya liflere dik olarak ya da 45° 'lik açı yapacak şekilde kesilirler. Normal yongalama için, silindirik ve diskli yongalama makineleri kullanılmaktadır.

Kaliteli bir yongalevha üretebilmek için yonganın kalınlığı homojen, her iki yüzeyi birbirine paralel ve ince olması gerekmektedir. Hammadde ve üretim koşulları tomruktan elde edilen yongaların kalitesini ve verimini etkilemektedir.

Yongalama makinesinden elde edilen yongaların ortalama rutubetleri % 35 ile % 120 arasında değişmekte olup bu yongaların % 3-6 rutubet derecesine kadar kurutulması gerekmektedir. Döner silindirik kurutucular, boru demetli kurutucular, kontak kurutucular ve çok bantlı kurutucular gibi çok çeşitli kurutma makineleri mevcuttur. Ağaç türü, yonga boyutları, yonganın ilk rutubeti, kullanılan kurutma makinesinin tipi ve çalışma prensibi gibi faktörler kurutma işlemini etkilemektedir.

Yongalama makinesinden elde edilen yongaların boyutları homojen olmadığı için yongalar kurutulduktan sonra eleme işlemine tabi tutulurlar. Eleme işleminde yongalevha üretimine uygun olmayan küçük yongalar, toz ve kaba yongalar uzaklaştırılırken levhanın dış ve orta tabakaları için uygun olan yongalarda ayrılmış olur. Çok kaba yongalar ufalanmak üzere tekrar değirmenlere gönderilirken, toz ve ince parçalar yakılmak suretiyle değerlendirilmektedir.

Yongalevha üretiminde fabrikasyon akışının sekteye uğramaması için depolama siloları kullanılmaktadır. Bu silolarda yaş ve kuru yongalar depolanabilir. Yongalevha üretiminde çoğunlukla değişik ağaç türlerinin yongaları karışık halde değerlendirildiği için silolar yardımıyla bu karışımın oranları kolayca belirlenir.

Yongaların makineler arasındaki hareketliliği taşıyıcılar ile sağlanır. Çok çeşitli taşıyıcılar olmasına rağmen temelde mekanik ve havalı (pnömatik) olmak üzere iki gruba ayrılır. Taşıma işleminin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için yongaların hacim, ağırlık ve rutubet gibi özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Yongalara uygulanacak tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla belirlenir ve bu oran dış tabaka için % 11, orta tabaka için % 8 civarındadır. Dış tabaka yonga boyutlarının daha küçük olması spesifik yüzey alanını artırdığı için kullanılan tutkal oranı orta tabakaya oranla daha fazladır. Tutkal çözeltisine ilave olarak parafin, sertleştirici ve koruyucu maddeler ilave edilir. Tutkalın yongalara homojen bir şekilde dağılması arzu edilir ve bu amaca en uygun tutkallama noktasal tutkallamadır.

Serme işlemi, levhanın özelliklerine etki eden en önemli aşamadır. Serme işleminin hatalı gerçekleşmesi durumunda levhanın özgül ağırlık homojenliğini bozulacaktır ve bu durum levhanın şeklini, fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkileyecektir. Dökme, rüzgârlama, savurma ve sınıflandırma olmak üzere dört çeşit serme sistemi mevcuttur.

Sermeye dozajlama işleminin amacı serme başlıklarına sürekli aynı miktardaki yonganın gönderilmesini sağlamaktır. Bu işlem hacme, ağırlığa ve hacim-ağırlığa göre yapılabilir. Hem hacme hem de ağırlığa göre yapılan dozajlama yüzey ağırlıklarının homojen dağılmasını sağlayamadığı için genellikle üretimde hacim-ağırlığa göre dozajlama yapılır.

Serme işleminin ardından sırasıyla soğuk ve sıcak presleme işlemleri gelmektedir. Levhanın tabakaları arasında iyi bir kenetlenme sağlanması, levha taslağının hareketi esnasında ince yongaların taslak tabanına kaymasının engellenmesi, sıcak pres plakalarının açılma yüksekliklerinin azaltılmasıyla ısı ve pres kapanma süresinde tasarruf sağlanması ve serme sırasında meyilli olan yongaların levha yüzeyine paralel hale gelmesinin sağlanması için soğuk pres uygulaması yapılır. Soğuk pres basıncı 15-20 kg/cm² arasındadır.

Levha taslağı sıcak preste ısı ve basıncın etkisiyle yongalevhaya dönüştürülür. Pres süresi levha kalınlığına, taslak rutubetine, pres sıcaklığına ve pres plakalarının kapanma süresine bağlıdır. Pres süresi fabrika kapasitesini etkileyen önemli bir unsurdur. Presler fasıllı ve fasılsız olmak üzere iki gruba ayrılır. Sıcak preslerde uygulanacak basınç taslak kalınlığına ve özgül ağırlığa göre belirlenir ve bu değer 20-35 kg/cm² arasında değişmektedir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne göre 150-220°C arasında değişmektedir.

Presten çıkan levhalar soğutma ünitesine alınarak soğutulurlar. Bu amaç için genellikle yıldız soğutucular kullanılmaktadır. Levhalar boyutlandırıldıktan sonra zımparalama işlemine tabi tutulurlar ve akabinde depolarda istiflenirler.

1.5. Yüzey Özellikleri

1.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Pürüzlülük bir maddenin yüzeyindeki küçük düzensizliklerin ölçümüdür. Bu düzensizliklerin yüksekliği, genişliği ve şekli bir ürünün yüzey kalitesini belirler (Hiziroglu, 1996). Yüzey tekstürü üç boyutlu bir yüzey topografyası oluşacak biçimde nominal yüzeyden tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar şeklinde tanımlanabilir. Bu sapmalar pürüzlülüğü, yüzey dalgalanmalarını ve küçük çatlakları kapsamaktadır (ANSI, 1985).

Yongalevha endüstrisinde levhaların yüzeyleri dekoratif bir görüntü elde etmek, rutubet ve su emilimini ve formaldehit yayılımını azaltmak için kaplanır (Nemli, vd., 2005). Yüzey kaplama malzemeleri reçine emdirilmiş kâğıtlar, dekoratif laminatlar, ahşap

kaplamalar gibi katı yüzey kaplama malzemeleri ve lake boya gibi sıvı yüzey kaplama malzemelerinden oluşur (Nemli, 2000).

İnce bir film şeklinde olan yüzey kaplama malzemelerinin yongalevhanın yüzeyine etkili bir şekilde uygulanabilmesi için levhanın yüzeyi oldukça düzgün olmalıdır. Levha yüzeyindeki en ufak bir pürüzlülük kaplama malzemesinde kendini göstereceği için ürünün derecesini, kalitesini, yüzeyinin işlenmesini ve tutkalanmasını etkiler. Yüzey pürüzlülüğünün derecesi hem hammadde özelliklerinin hem de üretim işlemlerinin bir fonksiyonudur. Yonga boyutu ve geometrisi hammaddenin, reçine miktarı, presleme ve zımparalama ise üretim işleminin pürüzlülüğü etkileyen başlıca örnekleridir (Hiziroglu, 1996). Pürüzlü yüzeyler, kaplamalar ile yongalevha arasındaki teması azalttığı için zayıf bir tutkal hattına ve düşük bağ direncine neden olur (Nemli, vd., 2007).

Yongalevhada dış tabaka yonga kullanım oranı, levha özgül ağırlığı ve pres basıncının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır (Nemli, vd., 2005).

Nemli ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre, odun tozu kullanımı, levha taslak rutubeti, reçine miktarı ve pres süresi yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmuştur. Levha taslak rutubeti % 9'dan % 13'e, reçine miktarı % 8-10'dan % 10-12'ye, pres süresi 125 sn.'den 165 sn.'ye ve odun tozu oranı en fazla % 20'ye çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğü azalmıştır (Nemli, vd., 2007).

Yongalevha üretiminde kullanılan tutkal miktarının artırılması ve pres süresinin uzatılması yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmiştir (Hiziroglu ve Holcomb, 2005; Kalaycıoğlu, vd, 2005).

Yüzey tabakasında kullanılan yonga miktarının artırılmasıyla yüzeyi daha düzgün levhalar elde edilir (Maloney, 1977; Hiziroglu ve Holcomb, 2005). Yüzey tabakasında ince yongaların kullanılması ve yüksek sıkıştırma sayesinde pürüzlülük azaltılmış olur (Hiziroglu, 1993).

Nemli ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, hammadde türü, dış tabaka kullanım oranı, yoğunluk ve pres basıncının yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir. Dış tabaka yonga kullanım oranı, yoğunluk, ve pres basıncının artması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. Büyük çoğunluğu çam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülüğü çoğunluğu kayımdan elde edilen levhalara kıyasla daha fazladır (Nemli, vd., 2005).

Yongalevhalar MDF'ye kıyasla daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Hem yongalevhada hem de MDF'de zımpara yönüne paralel ve dik yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Hiziroglu, vd., 2004).

Yongaların yüzey özellikleri kesici aletin geometrisine, kesme anındaki kırılma durumuna ve odunun anatomik yapısına bağlıdır. Anatomik yapıdan kaynaklanan pürüzlülükler traheit ve liflerin boşluklarıdır (Nemli, vd., 2007).

Kaplama kurutma sıcaklığının artırılması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemiştir. 20°C'de kurutulan kaplamalar en düzgün yüzeyi verirken 180°C'de kurutulan kaplamalar en pürüzlü yüzeyi vermiştir (Aydın ve Colakoglu, 2005). Dündar ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, 120 ve 140°C sıcaklıklarda kurutulan kaplamaların yüzey pürüzlülüğünün etkilenmediği, 160 ve 180°C'de kurutulan kaplamaların pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir (Dundar, vd., 2008).

1.5.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülük parametreleri profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilinin belirlenmesinde kullanılır. Pürüzlülükler profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntılardan oluşmaktadır (Aydın, 2003).

1.5.2.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Ra, örnek pürüzlülük mesafesi boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara ait tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Ortalama pürüzlülük değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (1)$$



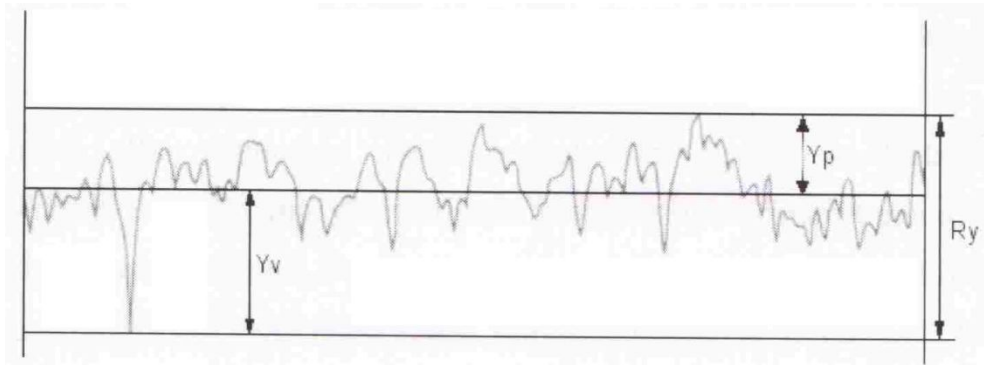
Şekil 2. Ortalama pürüzlülük değeri (Salman, 2005).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan ölçüt olmasına rağmen yüzeyin yapısı hakkında kesin bir bilgi vermek için yeterli değildir.

1.5.2.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (R_{max} / R_y)

Örnek pürüzlülük mesafesi boyunca ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe ile en derin çukurun toplamına en büyük pürüzlülük değeri denir.

$$R_{max} = Y_p + Y_v \quad (2)$$

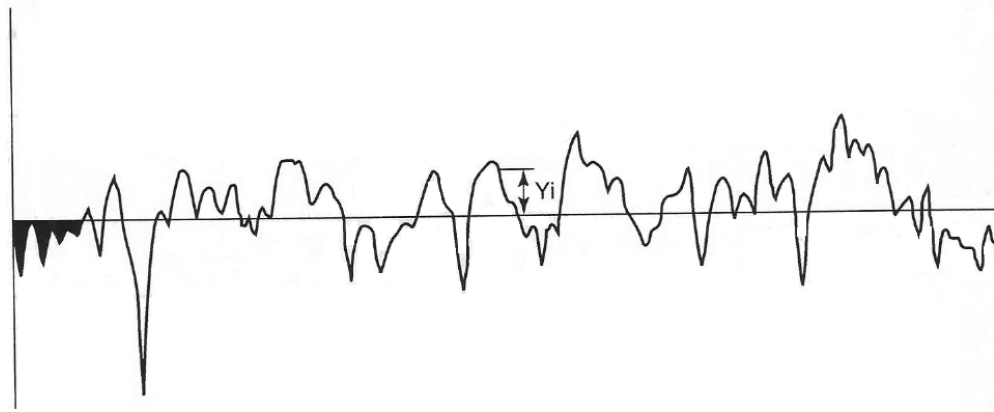


Şekil 3. En büyük pürüzlülük değeri (Aydın, 2003).

1.5.2.3. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (R_q)

R_q , örnek pürüzlülük mesafesi boyunca ortalama profil çizgisinden sapmaların ortalamasının karekökü değeridir.

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

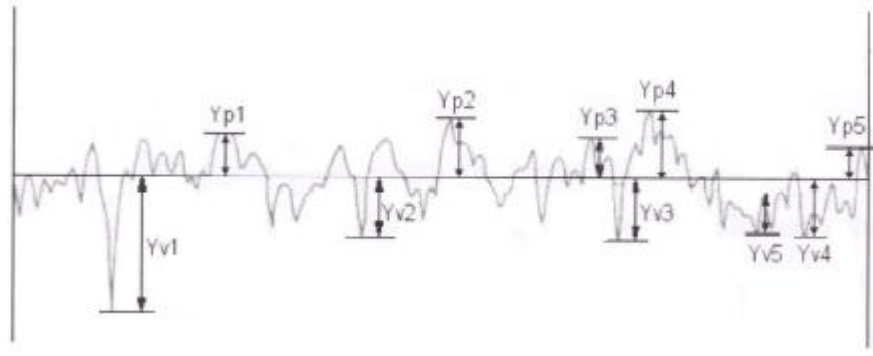


Şekil 4. Profil sapmasının ortalama karekökü (Aydın, 2003).

1.5.2.4. On Nokta Pürüzlülüğü (R_z)

R_z , örnek pürüzlülük mesafesi boyunca yer alan en yüksek beş tepe ve en derin beş çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (4)$$



Şekil 5. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri (Aydın, 2003).

1.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Yongalevha yüzeyindeki pürüzlerin bazıları çıplak gözle görülebilirken bazıları görülemez veya görülmesi oldukça zordur. Tutkal lekeleri, küçük delikler, kırılmış köşeler, çizik izleri gibi kusurlar gözle görülebilirken, iğne ucu küçüklüğündeki delikler, zımpara izleri ve oyukları görmek oldukça zordur (Radziszewski, vd., 2005). Yüzey pürüzlülüğünü ve kalitesini ölçmek için kullanılan geleneksel yöntemler görme ve dokunma yaklaşımlarını içermektedir. Fakat bu yöntemlerle sadece bariz kıyaslamalar mümkündür ve yüzey hakkında detaylı bilgi elde edilemez. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için çok çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bunlar: iğne taramalı, pinomatik, akustik, optik, ultrasonik yüzey ölçerler ve vidyo kamera ile resim analizi şeklinde sıralanabilir. Bu makineler çoğunlukla plastik ve metal gibi endüstriyel malzemelerin ölçülmesi için geliştirilmiştir (Aydın, 2003; Hendarto, vd., 2006).

Odun kompozitlerinin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için oldukça çok çalışma yapılmasına rağmen henüz objektif bir şekilde analiz yapabilecek pratik bir kılavuz veya reçete ortaya konulamamıştır (Hiziroglu, 1996).

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde iğne taramalı ölçüm yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknik pratik, tekrarlanabilir bir yöntemdir. Bununla birlikte, yüzey parametrelerinin sayısal değerleri tam olarak hesaplanabilir. Bu yöntemde hassas uçlu bir iğne aracılığıyla malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilir (Hiziroglu, 1996; Aydın, 2003).

İğne taramalı yöntemde sonuçlar üzerinde iğne uç çapı, iğneye karşı oluşan yüzey mukavemeti ve profil uzunluğu gibi kıstaslar etkilidir. Ayrıca uygun olmayan tarama

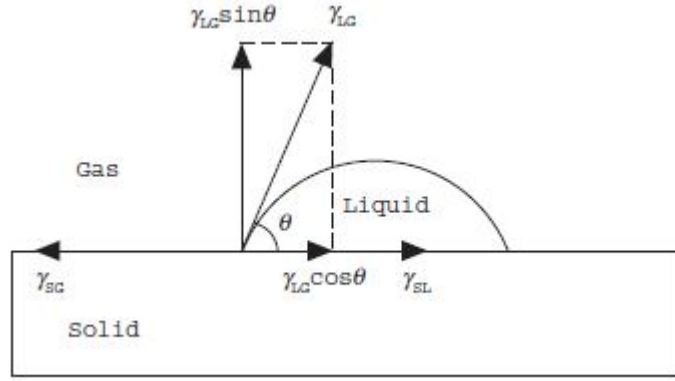
iğnesinin kullanılması, tarayıcı iğnesinin fazla baskıya maruz kalması, sürtünme nedeniyle yatay direnç oluşması ve sıçrama sebebiyle dikey hareketlerin meydana gelmesi ölçümün hatalı olmasına neden olabilir (Hiziroglu, 1996; Aydın, 2003).

1.5.4. Islanma Olayı ve Temas Açısı

Islanma sıvının katı bir yüzey ile temas kurabilmesidir. Bu temas, katı ile sıvı bir araya geldiğinde oluşan moleküller arası etkileşimin bir sonucudur. Katı/sıvı arasındaki temas açısının şekli, katı yüzey üzerine sıvının yayılması ve katının gözenekleri içine sıvının emilmesi moleküler etkileşimin büyük ölçekli belirtileridir. Islanabilirlik; temas açısı, yüzey serbest enerjisi ve adhezyondan oluşan termodinamik ıslanma ölçütleri ile belirlenir (Berg, 1993; Walinder, 2000).

Islanma olayının seviyesi adhezyon ve kohezyon kuvvetleri arasındaki denge durumuna bağlıdır. En basit şekliyle iki madde arasındaki çekim kuvveti olarak tanımlanan adhezyon olayı, benzer olmayan iki yüzeyin birbirine temas ederek aralarında bağ oluşturması ve bu bağın bozulması için mekanik bir yük gerekmesi şeklinde de tanımlanabilir. Bir madde içinde dâhili olarak bulunan çekim kuvvetlerine ise kohezyon denir ve moleküllerin bir arada tutulmasını sağlar (Carpenter, 1999; Walinder, 2000; Aydın, 2003).

Islanabilme yeteneğini ve sıvı ile katı arasındaki adhezyonunu belirlemek için kullanılan en yaygın yöntem temas açısı ölçümüdür. Temas açısı (θ) düz bir katı yüzeyine sıvının damlatılması sonucu sıvı ile katının temas ettiği noktadaki katı ve sıvı yüzeyine teğet geçen iki düzlem arasındaki açı şeklinde tanımlanabilir. Sıvı damlası düz bir katı malzeme yüzeyine bırakıldığında genellikle yüzeye tamamen yayılmaz, katı yüzey ile belirli bir açı oluşturacak şekilde damla halinde kalır. Oluşan bu temas açısı (θ) sıvı ile katı yüzeyin bir fonksiyonudur (Walinder, 2000; Aydın, 2003).



Şekil 6. Düz bir katı yüzey üzerinde ve gaz ile çevrili sıvı damlasının denge durumu (Walinder, 2000).

Düz yatay bir zeminin üzerine bırakılan sıvı damlasının temas açısı katı ile sıvı yüzey gerilimleri arasındaki ilişki Thomas Young tarafından belirlenmiştir. Young eşitliği olarak isimlendirilen bu eşitlik aşağıda verilmiştir (Walinder, 2000):

$$\gamma_{LG} \cos \theta = \gamma_{SG} - \gamma_{SL} \quad (5)$$

γ_{LG} sıvı için γ_{SG} ise katı için yüzey serbest enerjisidir ve her iki değer de gaz ile etkileşim içindedir. Katı-sıvı ara yüzey için serbest enerjisi ise γ_{SL} 'dir.

Polimer veya lignoselülozik malzemeler gibi düşük yüzey enerjisine sahip malzemelerin ıslanabilirliğinin yorumlanmasında en uygun yolu Dupre tarafından belirlenmiş adhezyon işi (W_a) formülüdür. Bu formül ara yüzey kuvvetleri arasındaki etkileşimin termodinamik enerjisi için belirlenmiştir (Walinder, 2000; Aydın, 2003).

$$W_a = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL} \quad (6)$$

γ_S ve γ_L katı ve sıvının yüzey serbest enerjileri ve γ_{SL} ise katı-sıvı serbest enerjisidir.

Yukarıda belirtilen iki eşitlik birleştirildiğinde adhezyon işi için aşağıdaki eşitlik elde edilir (Aydın, 2003).

$$W_a = \gamma_L(1 + \cos \theta) \quad (7)$$

Böylece bir ara yüzeydeki etkileşimin termodinamik enerjisi sıvının yüzey gerilimi ve temas açısı değerleri kullanılarak hesaplanabilir (Aydın, 2003).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deneme Materyali

Bu çalışmada; yongalevha üretim aşamalarından biri olan yonga kurutma işleminde yongalara uygulanan sıcaklık değerleri 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C olarak belirlenmiştir ve bu koşulların üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilme yeteneği üzerine etkisi incelenmiştir.

Bu amaçla, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesine ait pilot tesiste 1,0x50x50 cm boyutlarında yongalevhalar üretilmiştir. Her levha grubundan ikişer adet üretilmiştir ve standartlara uygun testler yapılmıştır. Test işlemlerinin yapılacağı örnekler tesadüfi olarak seçilmiştir. Bu örnekler TS 642 (1999) standardına uygun olarak, 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

2.1.1. Ağaç Malzeme

Deneme levhalarının üretiminde sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan elde edilen yongalar kullanılmıştır.

2.1.2. Tutkal

Deneme levhalarının üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Bu tutkalın özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Görünüş:	Yarı saydam sıvı
Katı madde oranı:	55±1
Yoğunluk (20°C):	1,22-1,23 g/cm ³
Viskozite (20°C):	100-200 cps
Akma zamanı (20°C):	25-45 sn.
pH (20°C):	7,5-8,5
Serbest formaldehit (%):	0,8 max.

Jelleşme zamanı (100°C): 15-25 sn.

Depolama zamanı (20°C): 90 gün

Yongalevhanın mekanik özelliklerinden olan yüzeye dik çekme direnci örneklerinin çekme takozlarına yapıştırılması için polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır.

2.1.3. Sertleştirici Madde

Sertleştirici madde olarak katı tutkala oranla dış ve orta tabakada % 1 oranında % 20'lik amonyum klorür çözeltisi kullanılmıştır.

2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

Levhaların üretiminde kullanılan yongalar Tever Sunta fabrikasından temin edilmiştir. Sarıçam odunundan elde edilen yongalar Hombak tipi makinede yongalanmıştır. Yongaların tasnif edilmesinde yatay hareket eden dört kademeli bir elek kullanılmıştır. Elek ölçüleri 3,0-1,5-0,5 mm olarak belirlenmiş olup 1,5 mm gözenekli elekte kalan yongalar orta tabakada, 0,5 mm gözenekli elekte kalan yongalar ise dış tabakada kullanılmıştır. Yongaların kurutulması işlemi Nüve FN 550 modelindeki laboratuvar tipi bir kurutma fırınında gerçekleştirilmiştir. Kurutma sıcaklıkları 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C olmak üzere dört farklı derecede uygulanmıştır. Yongalar % 3 rutubet derecesine kadar kurutulmuştur. Tutkallama işlemi, dairesel hareket eden ve merkezden iki adet hava tabancasıyla tutkal püskürtebilen tamburlu bir makine ile gerçekleştirilmiştir. Dış tabakada kullanılan tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla % 11, orta tabaka için ise bu değer % 9 olarak belirlenmiştir. Tutkal çözeltisine sertleştirici olarak dış ve orta tabaka için %1 oranında % 20'lik amonyum klorür ilave edilmiştir. Levha taslağının hazırlanmasında 50x50 cm ebatlarında şekillendirme çerçevesi ve 1,0 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılmıştır. Levha kalınlığının % 60'ını orta tabaka, % 40'ını ise dış tabakalar oluşturmuştur. Levha yoğunluğu 0,70 g/cm³ ve levhanın presten çıkış rutubeti % 7 olarak hesaplanmıştır. Yongaların serilmesi işlemi el ile mümkün olduğunca homojen bir şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Sırasıyla dış, orta ve dış tabaka serilerek üç tabakalı levhalar üretilmiştir. Serme işlemi pres sacı üzerine şekillendirme çerçevesi yardımıyla serildikten sonra soğuk pres uygulanmış ve çerçeve dikkatli bir şekilde çıkarıldıktan sonra ikinci pres

sacı taslağın üzerine yerleştirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir. Presleme işleminde; presleme alanı 60x60 cm olan, elektrikle ısınan laboratuvar tipi pres kullanılmıştır. Her levha grubundan 2 şer adet olmak üzere toplam 8 adet levha üretilmiştir. Pres sıcaklığı 180°C, pres süresi 8 dk. ve pres basıncı 25 kg/cm² şeklinde uygulanmıştır. Presten alınan levhalar soğutulduktan sonra TS 642 (1999) standardına uygun olarak üç hafta boyunca 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında bekletilmişlerdir. Üretimi gerçekleştirilen levha tipleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme levhası tipleri

Levha tipi	Açıklama
1 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 100°C’dir.
2 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 125°C’dir.
3 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 150°C’dir.
4 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 180°C’dir.

2.3. Araştırma Yöntemi

2.3.1. Fiziksel Özellikler

2.3.1.1. Özgül Ağırlık

Hava kuru özgül ağırlık değerleri esas alınmıştır. Özgül ağırlık deneyi TS EN 323/1 (1999)’de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Özgül ağırlık belirlemede ayrı örnek hazırlanmamış, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü denemelerinden sonra kırılan parçalardan elde edilen ve 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek kullanılmıştır. Örnekler 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Örneklerin genişliği, kalınlığı ve ağırlığı sırasıyla kumpas, mikrometre ve analitik terazi ile ±0,01g ve ±0,01 mm hassasiyetle belirlenmiştir. Özgül ağırlığın hesaplanmasında;

$$\delta = \frac{m}{v} \text{ g/cm}^3 \quad (8)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

δ : özgül ağırlık (g/cm^3)

m: hava kuru ağırlık (g)

v: örnek hacmi (cm^3) 'dir.

2.3.1.2. Rutubet Miktarı

Rutubet miktarı EN 322 (1993)'de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Rutubet miktarının belirlenmesinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan yararlanılmıştır. 50x50 mm boyutlarında hazırlanan 20 adet örneğin ağırlıkları analitik terazide $\pm 0,01$ g duyarlıkta tartılmıştır ve $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Rutubetin belirlenmesinde;

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (9)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

r: rutubet (%)

m: klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m_0 : tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

2.3.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)

2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artışlarının belirlenmesi için EN 317 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Örneklerin kalınlıkları tam orta noktasından ± 0.01 mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve $19-21^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki temiz suda, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıklar ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlık artışları (KA);

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (10)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

e_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k = Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)

2.3.2. Mekanik Özellikler

2.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi EN 310 (1993) standardına belirtilen esaslara göre yapılmıştır. 400x50 mm boyutlarında 20 adet örnek sıcaklığı $20\pm 2^\circ\text{C}$ ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletildikten sonra örneklerin genişlik ve kalınlıkları 0.01 mm hassasiyete sahip kumpas ve mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1–2 dak. içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} \text{ kg/cm}^2 \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (kg)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d = Örnek kalınlığı (cm)

b = Örnek genişliği (cm)

2.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü EN 310 (1993) standardına göre belirlenmiştir. Sıcaklığı $18\text{--}22^\circ\text{C}$ ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen 20 adet örneğin elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları belirlenmiştir. Deformasyon bölgesinde eğilme miktarı komperatör ile 0.01 mm, kırılma

anındaki kuvvet ise makine göstergesinden 1 kg hassasiyetle belirlenmiştir. Elastikiyet modülü (E):

$$E = \frac{F \times L^3}{4 \times \Delta_e \times b \times d^3} \text{ kg/cm}^2 \quad (12)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

Δ_e = Eğilme miktarı (sehim) (cm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (kg)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d = Örnek kalınlığı (cm)

b = Örnek genişliği (cm)

2.3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyi EN 319 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her levha grubundan 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilen örneklerin boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır. Kayın takoz yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış, sıkıştırma süresi 24 saat olarak belirlenmiştir. Kırılmaları levha yüzeylerine çok yakın örnekler hesaplara dahil edilmemiştir. Yüzeye dik çekme direnci ($\sigma_{\zeta d}$);

$$\sigma_{\zeta d} = \frac{F_{max}}{A} \text{ kg/cm}^2 \quad (13)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F_{max} = Kırılma anındaki max kuvvet (kg)

A = Örnek enine kesit alanı (cm^2)

2.3.3. Yongaların Kimyasal Analizi

Yongaların kimyasal analiz için hazırlanması işlemi TAPPI T 257 cm-02 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yongalar laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütüldükten sonra sarsıntılı elekte elenmiştir. 40 mesh'lik elekten geçen ve 60 mesh'lik elek üzerinde kalan yongalar alınıp rutubeti belirlendikten sonra ağzı kapaklı cam kavanozlara konulmuştur. Hazırlanan odun örneklerinin rutubet miktarları belirlenmiştir (TAPPI, 1992). Deneme örneklerinde kullanılan yonga tipleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme örneklerinde kullanılan yonga tipleri

Yonga tipi	Açıklama
Kontrol grubu	Yongalar kurutulmamıştır.
1 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 100°C’dir.
2 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 125°C’dir.
3 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 150°C’dir.
4 nolu grup	Yonga kurutma sıcaklığı 180°C’dir.

2.3.3.1. Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 om-88 (TAPPI, 1992) standardına uygun olarak 23±2°C’de 300 ml destile su içerisine konulan 2 g hava kurusu örnek 48 saat süreyle karıştırılarak bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örnek, darası alınmış krozeden süzülerek destile su ile yıkanmıştır. Örnekler daha sonra 103±2°C’de değişmez ağırlığa kadar kurutularak tartılmıştır. Soğuk suda çözünen miktar tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.2. Sıcak Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 om-88 (TAPPI, 1992) standardına göre rutubeti bilinen 2 g hava kurusu örnek 200 ml’lik bir erlenmayere konulduktan sonra üzerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayer 3 saat boyunca kaynayan su banyosunda bekletilmiştir ve buharlaşan su soğutucu yardımıyla tekrar yoğunlaştırılmıştır. Bu süre sonunda örnek,

krozeden süzülerek sıcak su ile yıkanmıştır. $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de değişmez ağırlığa kadar kurutulduktan sonra desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Sonuç tam kuru örnek ağırlığına oranla % olarak hesaplanmıştır. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.3. % 1'lik NaOH Çözünürlüğü

% 1'lik NaOH çözünürlüğü TAPPI T 212 om-98 (TAPPI, 1992) standardına göre belirlenmiştir. Buna göre; 0,1 mg hassaslıkta 2 gram örnek tartılarak 200 ml'lik erlen içerisine koyularak üzerine % 1'lik NaOH çözeltisinden 100 ml ilave edilmiştir. Erlenin ağzı daha küçük bir erlenle kapatılarak 1 saat süreyle su banyosunda bırakılmıştır ve 10., 15. ve 25. dakikalarda üç defa karıştırılmıştır. Bu süre sonunda erlendeki kalıntı, darası alınmış krozede süzümüştür. Daha sonra % 10'luk 50 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkandıktan sonra kroze ve içindekiler $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ de kurutulmuş ve bir desikatörde soğutulularak tartılmıştır. Kuru örnek ağırlığındaki azalmalar hesaplanmış ve soğuk suda çözünen miktar tam kuru örneğe oranla % olarak hesaplanmıştır. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.4. Alkol-Benzen Çözünürlüğü

Alkol-benzen çözünürlüğü TAPPI T 204 cm-97 (TAPPI, 1992) standardına göre yapılmıştır. 1/2 oranında alkol ile benzen karışımı (33 hacim %95 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 67 hacim benzen) ile odun örneği 4 saat ekstrakte edilmiştir ve çözünen kısım tam kuru ağırlığa oranla % olarak hesaplanmıştır. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.5. Lignin Tayini

Lignin miktarının belirlenmesinde "Klason Lignini" yöntemi kullanılmıştır ve TAPPI T 222 om-02 (TAPPI, 1992) standardında belirtilen şartlara ölçü alınmıştır. Bu yöntemle göre, alkol-benzen ekstraksiyonu ile muamele edilmiş 1 gram hava kurusu ağırlığındaki odun örneği bir behere konulduktan sonra üzerine $18-20^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki % 72'lik H_2SO_4 ilave edilip 2 saat boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnek 1 lt.'lik

erlene koyulmuştur ve 560 ml destile su ilave edilerek asit konsantrasyonu % 3'e seyreltilmiştir. Karışım bir soğutucu altında 4 saat boyunca kaynatılmıştır. Lignin miktarı tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak belirlenmiştir. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.6. Holoselüloz Tayini

Holoselüloz oranının belirlenmesinde Wise ve arkadaşları tarafından geliştirilen klorit yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanması kolay ve klorlama ve ClO_2 yöntemine kıyasla ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat oranının daha az olması tercih nedenidir. Bu yöntem uygulandığı takdirde % 2-4 oranında karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tümünü uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır.

Bu yöntemde holoselüloz miktarı belirlenecek 5 g alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu örnek, 160 ml destile su, 1,5 g NaClO_2 ve 10 damla (0,5 ml) asetik asitle birlikte 250 ml'lik bir erlenmayere konulduktan sonra bir termostat yardımıyla sıcaklığı 78-80°C'ye ayarlanan su banyosunda bir saat süreyle muamele edilmiştir. İçine örnek koyulan erlenin ağzı, ters çevrilmiş 50 ml'lik bir erlenmayer ile kapatılmıştır. Reaksiyon süresince erlen zaman zaman çalkalanarak karıştırılmıştır. Bir saatin sonunda karışıma 1,5 g NaClO_2 ve 10 damla buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Bu işlem 4 kez tekrar edilmiştir. İşlem sonrasında süspansiyon bir buz banyosunda soğutulduktan sonra krozeden süzülmüştür. Kalıntı önce asetonla, sonra soğuk destile su ile yıkanmış ve 103±2°C de kurutulmuştur. Asetik asit ortamın pH'ını 4 dolayında tutmakta ve ClO_2 çıkmasını sağlamaktadır. Çıkan ClO_2 lignini oksitleyerek klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır (Wise, 1962; Huş, vd., 1975). Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.7. Selüloz Tayini

Selüloz miktarının belirlenmesinde Kurschner ve Hoffher'in "Nitrik asit" yöntemi kullanılmıştır. "Nitrik asit" yönteminde; alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış 2 g odun örneği bir balona koyularak üzerine 10 ml 40°Be'lik HNO_3 ile 40 ml % 96'lık etil alkol karışımı ilave edilmiş ve soğutucu altında 1 saat süreyle su banyosunda kaynatılmıştır. Bu

süre sonunda balondaki sıvı, kroze ile süzölmüş ve 10 ml HNO₃ ile 40 ml etil alkolden oluşun 50 ml' lik yeni karışım kroze üzerindeki test örnekleri ile birlikte tekrar balona koyularak bir saat süreyle kaynatılmıştır. Bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Süzme yapıldıktan sonra krozedeki kalan test örnekleri sıcak su ile yıkanmış ve 103±2°C'de kurutulduktan sonra tartılmışlar. Sonuç, tam kuru ağırlığa oranla yüzde olarak hesaplanmıştır (E.P.F, 1969). Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.8. pH

pH analizi TAPPI T m-45 (TAPPI, 1992) standardına göre yapılmıştır. Her test grubuna ait yaklaşık 5 gram örnek içinde 150 ml destile edilmiş su bulunan bir erlenmayere yerleştirilmiş ve bir çalkalayıcı ile 24 saat karıştırılmıştır. Bu süre sonunda elde edilen çözelti bir vakum pompası yardımıyla süzölerek pH ölçümü yapılmıştır. Denemeler n=3 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Yongalevhanın Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

2.3.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde Mitutoyo SJ-301 modelindeki cihaz kullanılmıştır. Ölçümler DIN 4768 (1990) standardında belirtilen koşullara uygun olarak yapılmıştır. Her bir grup için 50x50x10 mm ebatlarında 10'ar adet örnek hazırlanmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra), en büyük pürüzlülük değeri (Ry), on nokta pürüzlülüğü (Rz) ve profil sapmasının ortalama karekökü (Rq) olmak üzere dört çeşit pürüzlülük değeri belirlenmiştir. Pürüzlülüğün belirlenmesinde; çapı 4 µm olan 90° açılı elmas uçlu bir tarama detektörü kullanılmış ve kesme uzunluğu λ=2,5 mm, örnekleme uzunluğu ise 12,5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 10 mm/sn hızla ve 0,5 µm hassasiyetle ölçülmüştür. Ölçme işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır.

2.3.4.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açıısı)

Yongalevha yüzeyinin ıslanabilme yeteneğinin belirlenmesinde damla şekli analizi yöntemi ile çalışın KSV Cam-101 modelindeki cihaz kullanılmıştır. Temas açıısı ölçülerinin elde edilmesinde dijital kamera ile bilgisayar sistemine bağlı bir açıölçer kullanılmıştır. 20°C sıcaklığa ve 72,80 mN/m yüzey gerilimine sahip destile edilmiş su uygulama yüzeyine bir pipet yardımıyla 5 µl kadar damlatılmıştır. Su damlası yüzeye damlatıldıktan sonra 1sn aralıklarla 60 sn boyunca çekilen fotoğrafların analizi yapılmıştır. Denemeler n=10 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.4. İstatiksel Analiz

Örnekler üzerinde yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla basit varyans ve çoğul varyans analizleri kullanılmıştır. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler Newman-Keuls testi ile karşılaştırılmıştır (Batu, 1978).

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Özgül Ağırlık

Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri (g/cm³)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	0,698	0,005	0,72
2	0,699	0,011	1,57
3	0,696	0,007	1,01
4	0,695	0,017	2,45

\bar{X} : Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri (%)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	9,01	0,16	1,78
2	9,03	0,12	1,33
3	9,04	0,13	1,44
4	9,07	0,22	2,43

3.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)

Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%)

Levha Tipi	Suda Bekletme Süresi (saat)	\bar{X}	S	V
1	2	33,60	1,75	5,21
	24	46,87	1,99	4,25
2	2	28,19	1,19	4,22
	24	41,41	1,27	3,07
3	2	25,96	0,72	2,77
	24	38,46	0,89	2,31
4	2	23,98	0,51	2,13
	24	35,64	0,64	1,80

Kalınlık artışı oranı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
A-Kurutma Sıcaklığı	2400,551	3	800,184	544,578	0,000
B-Suda Bekletme Süresi	6411,657	1	6411,667	4363,558	0,000
Int. AxB	16,941	3	5,647	3,843	0,011

Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme sürelerinin etkileri % 0,1, bu faktörlerin karşılıklı etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığı ve suda bekletme süresinin etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kalınlık Artışı Oranı (%)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	40,23 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	34,80 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	32,21 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	29,81 d
Suda Bekletme Süresi: 2 saat	27,93 a
Suda Bekletme Süresi: 24 saat	40,59 b

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	16,84	0,83	4,93
2	14,92	0,30	2,03
3	13,79	0,59	4,29
4	12,64	0,39	3,12

Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	191,530	3	63,843	198,637	0,000
Gruplar içi	24,427	76	0,321		
Toplam	215,957	79			

Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Eğilme direnci üzerine ağaç türünün etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Eğilme Direnci (N/mm ²)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	16,84 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	14,92 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	13,79 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	12,64 d

3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	2488,04	107,51	4,32
2	2181,39	103,62	4,75
3	1922,75	63,45	3,30
4	1579,13	104,97	6,65

Eğilmede elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	8937064,1	3	2979021,376	319,129	0,000
Gruplar içi	709447,55	76	9334,836		
Toplam	9646511,7	79			

Elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm ²)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	2488,04 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	2181,39 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	1922,75 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	1579,13 d

3.2.3. Yüze Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarına ait ortalama yüze dik çekme direnci Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. Deneme levhalarının ortalama yüze dik çekme değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	0,566	0,03	5,32
2	0,478	0,02	4,55
3	0,423	0,02	4,67
4	0,312	0,03	9,88

Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0,679	3	0,226	333,342	0,000
Gruplar içi	0,052	76	0,001		
Toplam	0,731	79			

Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	Yüzeye dik çekme direnci (N/mm ²)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	0,566 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	0,478 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	0,423 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	0,312 d

3.3. Yongaların Kimyasal Analizi

3.3.1. Soğuk Su Çözünürlüğü

Yonga tiplerine ait ortalama soğuk suda çözünürlük değerleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Yonga tiplerine ait ortalama soğuk suda çözünürlük değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	2,62	0,02	0,76
1	2,66	0,10	3,76
2	2,72	0,80	29,41
3	2,79	0,31	11,11
4	2,81	0,59	21,00

Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0,080	4	0,020	0,093	0,982
Gruplar içi	2,163	10	0,216		
Toplam	2,243	14			

Kurutma sıcaklığının soğuk su çözünürlüğü üzerine etkisi % 5 yanılma olasılığı için anlamsız bulunmuştur.

3.3.2. Sıcak Su Çözünürlüğü

Yonga tiplerine ait ortalama sıcak suda çözünürlük değerleri Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Yonga tiplerine ait ortalama sıcak suda çözünürlük değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	4,40	0,42	9,55
1	4,41	0,53	12,02
2	4,42	0,58	13,12
3	4,45	0,22	4,94
4	4,48	0,46	10,27

Sıcak su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Sıcak su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0,013	4	0,03	0,005	1,000
Gruplar içi	6,023	10	0,602		
Toplam	6,036	14			

Kurutma sıcaklığının sıcak su çözünürlüğü üzerine etkisi % 5 yanılma olasılığı için anlamsız bulunmuştur.

3.3.3. % 1'lik NaOH Çözünürlüğü

Yonga tiplerine ait ortalama % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Yonga tiplerine ait ortalama % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	15,48	0,27	1,74
1	17,34	0,42	2,42
2	19,61	0,23	1,17
3	20,55	0,15	0,73
4	22,50	0,39	1,73

% 1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. %1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	90,368	4	22,592	373,584	0,000
Gruplar içi	0,605	10	0,060		
Toplam	90,972	14			

Kurutma sıcaklığının %1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine etkisi % 0.1 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre %5 hata payı ile tüm yonga grupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. %1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. %1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	%1'lik NaOH Çözünürlüğü (%)
Yongalar kurutulmamıştır.	15,48 a
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	17,34 b
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	19,61 c
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	20,55 d
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	22,50 e

3.3.4. Alkol-Benzen Çözünürlüğü

Yonga tiplerine ait ortalama alkol-benzen çözünürlüğü değerleri Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Yonga tiplerine ait ortalama alkol-benzen çözünürlüğü değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	2,45	0,03	1,22
1	2,86	0,08	2,80
2	3,21	0,17	5,30
3	3,80	0,09	2,37
4	4,10	0,07	1,71

Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	5,386	4	1,346	144,568	0,000
Gruplar içi	0,093	10	0,009		
Toplam	5,479	14			

Kurutma sıcaklığının alkol-benzen çözünürlüğü üzerine etkisi % 0.1 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre %5 hata payı ile tüm yonga grupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Alkol-Benzen Çözünürlüğü (%)
Yongalar kurutulmamıştır.	2,45 a
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	2,86 b
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	3,21 c
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	3,80 d
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	4,10 e

3.3.5. Lignin Miktarı

Yonga tiplerine ait ortalama lignin miktarları Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Yonga tiplerine ait ortalama lignin miktarları (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	30,68	0,76	2,48
1	30,31	1,50	4,95
2	30,23	1,14	3,77
3	29,84	0,47	1,58
4	29,63	0,32	1,08

Lignin miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Lignin miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	2,037	4	0,509	0,803	0,550
Gruplar içi	6,343	10	0,634		
Toplam	8,381	14			

Kurutma sıcaklığının lignin miktarı üzerine etkisi % 5 yanılma olasılığı için anlamsız bulunmuştur.

3.3.6. Holoselüloz Miktarı

Yonga tiplerine ait ortalama holoselüloz miktarları Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Yonga tiplerine ait ortalama holoselüloz miktarları (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	79,71	0,28	1,42
1	77,47	0,25	0,32
2	74,69	0,20	0,27
3	72,63	0,29	0,40
4	69,44	0,13	0,19

Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 30. Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	194,959	4	48,740	807,039	0,000
Gruplar içi	0,604	10	0,060		
Toplam	195,563	14			

Kurutma sıcaklığının holoselüloz miktarı üzerine etkisi % 0.1 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre %5 hata payı ile tüm yonga grupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Holoselüloz Miktarı (%)
Yongalar kurutulmamıştır.	79,71 a
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	77,47 b
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	74,69 c
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	72,63 d
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	69,44 e

3.3.7. Selüloz Miktarı

Yonga tiplerine ait ortalama selüloz miktarları Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Yonga tiplerine ait ortalama selüloz miktarları (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	50,53	0,16	0,32
1	50,41	1,14	2,26
2	50,37	0,27	0,54
3	50,30	0,09	0,18
4	50,26	0,59	1,17

Selüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33. Selüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0,141	4	0,035	0,100	0,980
Gruplar içi	3,529	10	0,353		
Toplam	3,670	14			

Kurutma sıcaklığının selüloz miktarı üzerine etkisi % 5 yanılma olasılığı için anlamsız bulunmuştur.

3.3.8. pH Değeri

Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri Tablo 34'de verilmiştir. Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri ise Tablo 36'de verilmiştir.

Tablo 34. Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	5,49	0,12	2,19
1	5,23	0,03	0,58
2	5,03	0,03	0,60
3	4,80	0,06	1,25
4	4,23	0,07	1,65

pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	2,758	4	0,689	152,079	0,000
Gruplar içi	0,045	10	0,005		
Toplam	2,803	14			

Kurutma sıcaklığının pH değerleri üzerine etkisi % 0.1 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre %5 hata payı ile tüm yonga grupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	pH değerleri (%)
Yongalar kurutulmamıştır.	5,49 a
Yonga kurutma sıcaklığı: 100°C	5,23 b
Yonga kurutma sıcaklığı: 125°C	5,03 c
Yonga kurutma sıcaklığı: 150°C	4,80 d
Yonga kurutma sıcaklığı: 180°C	4,23 e

Tablo 36. Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri (%)

Yonga Tipi	\bar{X}	S	V
1	4,87	0,07	1,44
2	4,60	0,03	0,65
3	4,21	0,02	0,48
4	3,99	0,05	1,25

Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 37’de verilmiştir

Tablo 37. Tutkallanmış yonga tiplerinin pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	1,379	3	0,460	546,122	0,000
Gruplar içi	0,007	8	0,001		
Toplam	1,386	11			

Kurutma sıcaklığının tutkallanmış yongaların pH değerleri üzerine etkisi % 0.1 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre %5 hata payı ile tüm yonga grupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Tutkallanmış yongaların pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 38’da verilmiştir.

Tablo 38. Tutkallanmış yongaların pH değerleri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Tutkallanmış yongaların pH değerleri (%)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	4.87 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	4,60 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	4,21 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	3,99 d

3.4. Yongalevhanın Yüzey Özellikleri

3.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

3.4.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Deneme levhalarına ait ortalama pürüzlülük değerleri Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Deneme levhalarının ortalama pürüzlülük değerleri (μm)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	3,03	0,41	0,14
2	4,08	0,31	0,08
3	5,48	0,55	0,10
4	8,03	1,26	0,16

Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	140,581	3	46,860	87,482	0,000
Gruplar içi	19,284	36	0,536		
Toplam	159,865	39			

Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 41. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	Ortalama pürüzlülük değerleri (μm)
Yonga kurutma sıcaklığı: 100°C	3,03 a
Yonga kurutma sıcaklığı: 125°C	4,08 b
Yonga kurutma sıcaklığı: 150°C	5,48 c
Yonga kurutma sıcaklığı: 180°C	8,03 d

3.4.1.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (R_y)

Deneme levhalarına ait en büyük pürüzlülük değerleri Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 42. Deneme levhalarının en büyük pürüzlülük değerleri (μm)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	14,17	2,50	0,18
2	19,51	3,00	0,15
3	29,07	1,79	0,06
4	37,14	6,91	0,19

En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 43’de verilmiştir.

Tablo 43. En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	3113,216	3	1037,739	62,691	0,000
Gruplar içi	595,914	36	16,553		
Toplam	3709,130	39			

En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 44'te verilmiştir.

Tablo 44. En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	En büyük pürüzlülük değerleri (μm)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	14,17 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	19,51 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	29,07c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	37,14 d

3.4.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)

Deneme levhalarına ait on nokta pürüzlülüğü değerleri Tablo 45'de verilmiştir.

Tablo 45. Deneme levhalarının on nokta pürüzlülüğü değerleri (μm)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	10,77	1,41	0,13
2	16,57	2,01	0,12
3	23,17	1,20	0,05
4	30,37	7,06	0,23

On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	2143,109	3	714,370	49,866	0,000
Gruplar içi	515,730	36	14,326		
Toplam	2658,839	39			

On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemli çıkmıştır. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	On nokta pürüzlülüğü değerleri (μm)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	14,17 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	19,51 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	29,07c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	37,14 d

3.4.1.4. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (R_q)

Deneme levhalarına ait profil sapmasının ortalama karekökü değerleri Tablo 48’de verilmiştir.

Tablo 48. Deneme levhalarının profil sapmasının ortalama karekökü değerleri (μm)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	3,74	0,64	0,17
2	5,02	0,37	0,07
3	6,71	0,54	0,08
4	10,32	3,13	0,30

Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 49’da verilmiştir.

Tablo 49. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	244,291	3	81,430	30,542	0,000
Gruplar içi	95,982	36	2,666		
Toplam	340,274	39			

Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile 1 ve 2 nolu grup arasındaki fark anlamsız, 1-2, 3 ve 4 nolu gruplar arasındaki farklar anlamlı çıkmıştır. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 50’de verilmiştir.

Tablo 50. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans kaynakları	Profil sapmasının ortalama karekökü değerleri (μm)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	3,74 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	5,02 a
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	6,71b
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	10,32 c

3.4.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açıısı)

Deneme levhalarına ait ortalama temas açıısı değerleri Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 51. Deneme levhalarının ortalama temas açıısı değerleri (°)

Levha Tipi	\bar{X}	S	V
1	84,98	9,64	0,11
2	100,49	5,36	0,05
3	106,14	2,53	0,02
4	112,81	3,35	0,03

Temas açıısı değerine kurutma sıcaklığının etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 52. Temas açıısı değerine kurutma sıcaklığının etkisine ait basit varyans analizi sonuçları (°)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	4229,273	3	1409,758	40,481	0,000
Gruplar İçi	1253,706	36	34,825		
Toplam	5482,980	39			

Temas açıısı değerine kurutma sıcaklığının etkisi % 0.1 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar anlamlı çıkmıştır. Temas açıısı değerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 53’te verilmiştir.

Tablo 53. Temas açısı değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları (°)

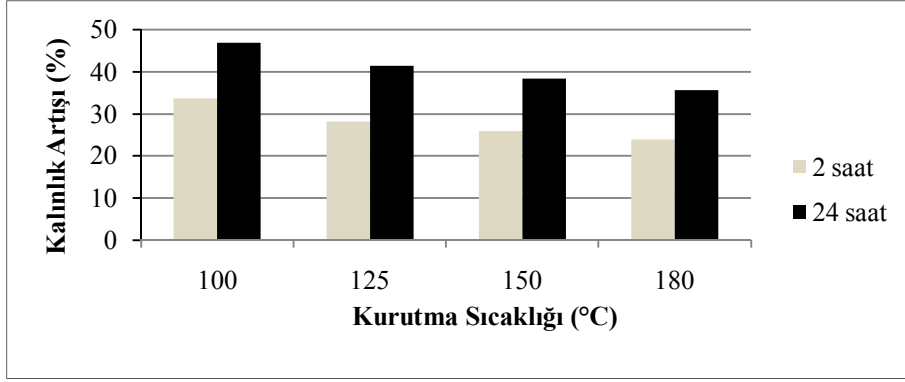
Varyans kaynakları	Temas açısı değerleri (°)
Yonga kurutma sıcaklığı:100°C	84,98 a
Yonga kurutma sıcaklığı:125°C	100,49 b
Yonga kurutma sıcaklığı:150°C	106,14 c
Yonga kurutma sıcaklığı:180°C	112,81 d

4. TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)

Kalınlık artışı değerleri yonga kurutma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Yongalara uygulanan kurutma sıcaklığına göre elde edilen kalınlık artışı değerleri Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Kalınlık artışı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

En yüksek kalınlık artışı değerleri (2 saat için % 33,60, 24 saat için % 46,87) 100°C’de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda elde edilmiştir. En düşük kalınlık artışı değerleri ise (2 saat için % 23,98, 24 saat için % 35,64) 180°C’de kurutulmuş yongalarda üretilen levhalarda gözlenmiştir.

Isıl işlemde en çok etkilenen hücre çeper bileşeni olan hemiselülozların yapısında higroskopik polimerler bulunmaktadır. Kurutma sıcaklığının artırılması hemiselülozlardaki reaktif hidroksil gruplarının azalmasına neden olur (Yıldız, 2002). Yapılan bu çalışmada hemiselüloz miktarının artan kurutma sıcaklığına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 29). Kalınlık artışındaki azalma bu durum ile açıklanabilir.

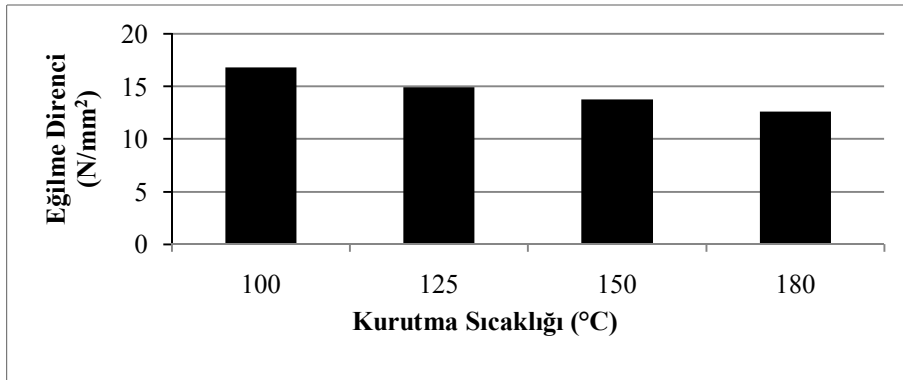
Kalınlığının şişmenin azalmasının bir diğer nedeni ise ekstraktif madde miktarının (alkol-benzen ve %1’lik NaOH çözünürlüğü) artış göstermesidir (Tablo 21, 24). Doğal reçine ya da mum gibi ekstraktif madde içeren bazı odun türlerinin kullanılması levhanın

su iticiliğini bir dereceye kadar artırabilir. (Maloney, 1977; Göker ve Akbulut, 1992). Ekstraktif maddelerin suya karşı dayanımı artırdığı yapılan çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Nemli ve Aydın, 2007; Pasillias ve Voulgaridis, 1999).

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

En yüksek eğilme direnci değeri ($16,84 \text{ N/mm}^2$) 100°C 'de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci değeri ise ($12,64 \text{ N/mm}^2$) 180°C 'de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda gözlenmiştir. Kurutma sıcaklığının 100°C 'den 180°C 'ye yükseltilmesiyle eğilme direncinde % 24,94 oranında bir azalma saptanmıştır. Kurutma sıcaklığının eğilme direnci üzerine etkisi Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8. Eğilme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Kurutma sıcaklığının artmasıyla hemiselüloz miktarında belirgin bir azalma söz konusudur. Hemiselülozun yapısındaki higroskopik polimerlerin azalması yongaların tutkal tarafından ıslatılabilmesini olumsuz etkilediği söylenebilir. Bu durum temas açısı ölçüm sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Temas açısı değerleri incelendiğinde sıcaklık artışıyla bu değerlerin arttığı yani ıslanabilme yeteneğinin azaldığı görülmüştür (Tablo 51). Literatürde de kurutma sıcaklığı derecesinin artmasıyla ıslanabilme yeteneğinde belirgin azalmaların olabileceği belirtilmektedir (Aydın, 2003). Bu durum eğilme direncinde azalmaya sebep olur.

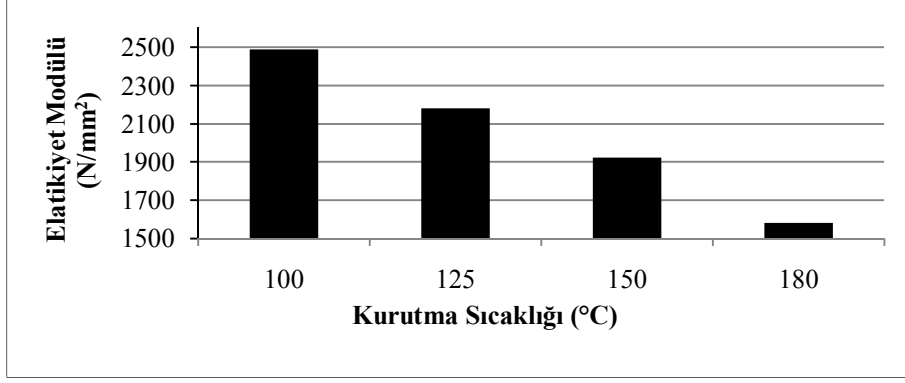
Kurutma sıcaklığı derecesinin artması yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır (Christiansen, 1990). Bununla birlikte sıcaklık artışı yüzey enerjisinde azalmaya neden olmakta ve bu durum zayıf tutkal bağlarının oluşmasına neden olmaktadır (Güler, 1996). Elde edilen pürüzlülük verileri incelendiğinde kurutma sıcaklığının artmasıyla tüm pürüzlülük değerlerinin de arttığı görülmüştür (Tablo 39, 42, 45, 48). Spesifik adhezyon kuvveti pürüzlü yüzeylerde daha düşük olacağı için yapışma zayıf olur. Odun ile tutkal arasındaki bağın zayıf olması eğilme direncinin düşmesine neden olur.

En uygun yapışma odun pH'nın 4,5-5,0 olduğu değerlerde gerçekleşir (Göker ve Akbulut, 1992). Yapılan bu çalışmada kurutma sıcaklığının artmasına bağlı olarak pH değerlerinin belirgin bir biçimde azaldığı, özellikle 150°C ve 180°C' de kurutulmuş ve tutkallanmış yongaların pH'nın 4,5'in ve 4'ün altında olduğu belirlenmiştir (Tablo 36). pH değerinin 4,5'in altına düşmesi erken sertleşmeye neden olmakta, tutkal odun bağı bozmaktadır. Buna bağlı olarak eğilme direnci azalmaktadır.

Eğilme direncindeki azalmanın bir diğer nedeni ekstraktif madde miktarındaki artıştır. Kurutma sıcaklığının artmasına bağlı olarak özellikle alkol-benzen ve % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri artmıştır. Odundaki ekstraktifler özellikle üronik ve asetik asit gibi asidik ekstraktifler tutkal odun bağı bozmaktadır (Foster, 1967). Ayrıca, bazı ekstraktifler kurutma işlemi esnasında su ile odun yüzeyine taşınmakta ve su buharlaştığında da katı madde olarak odun yüzeyinde kaldığı için yüzey kirliliği oluşturmaktadır. Bu durum odunun adhezyonunu olumsuz etkilediği için tutkal odun bağı da zayıflamasına neden olmaktadır. (Hse ve Kuo, 1988; Aydın, 2003). Yapılan çalışmalarda odun yüzeyindeki ekstraktif maddelerin yapışma kalitesi üzerinde olumsuz yönde etkili olduğu ortaya konulmuştur (Hancock, 1963; Koch, 1964; Aydın, 2003).

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Sırasıyla 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C sıcaklıklarda kurutulmuş yongalardan üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri 2488,04 N/mm², 2181,39 N/mm², 1922,75 N/mm², 1579,13 N/mm²'dir. Sıcaklığın 100°C'den 180°C'ye yükseltilmesiyle elastikiyet modülü değerinde % 36,53 oranında bir azalma olmuştur. Kurutma sıcaklığının etkisiyle elastikiyet modülünde meydana gelen azalma Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Elastikiyet modülü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Odon ile tutkal arasında iyi bir yapışma işleminin gerçekleşebilmesi için odun pH değerinin 4,5-5,0 arasında olması gerekmektedir. Kurutma ve tutkallama işlemiyle muamele edilmiş yongaların pH değeri incelendiğinde belirgin bir azalma saptanmıştır (Tablo 36). Düşük pH değerlerinde erken sertleşme oluşmakta ve bu durumda yongaların levha içersinde tam direnç verememesi söz konusudur (Göker ve Akbulut, 1992).

Alkol-benzen ve %1'lik NaOH çözünürlüğü sonuçları kurutma sıcaklığı arttıkça ekstraktif madde miktarının da arttığını ortaya koymuştur (Tablo 21, 24). Odonun yapısında doğal olarak bulunan ekstraktif maddeler yüzey kirliliğine, yapıştırıcının kohezyon direncinde ve odun yüzeyinin ıslanabilmesinde azalmaya sebep olmaktadır. Ayrıca ekstraktif maddelerin oksidasyonu odunun asitliğini artırır (Hse ve Kuo, 1988; Aydın, 2003). Bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda tutkal ile odun arasında zayıf bir bağlanma olduğu düşünülebilir.

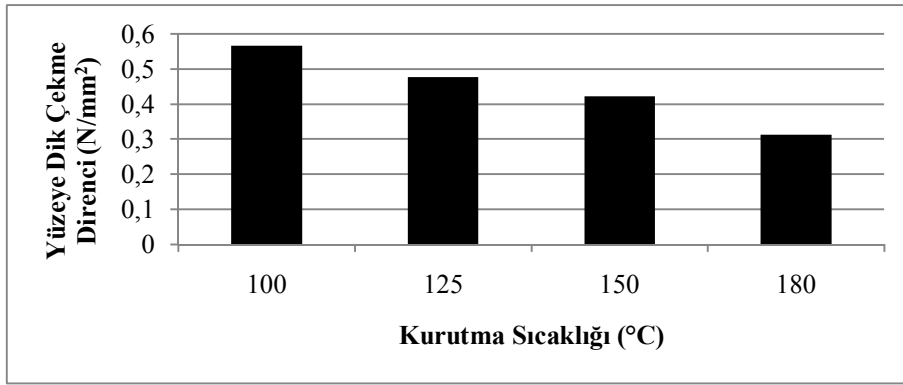
Higroskopik ve polar özelliğe sahip hemiselülozlar lignin ile kaplı olduğu için odunun işlenmesi esnasında ortaya çıkmaktadır (Aydın, 2002). Yonga kurutma sıcaklığının artması hemiselülozların miktarında azalmaya neden olduğu için odunun higroskopisitesinde azalma meydana gelir (Yıldız, 2002). Bu durum tutkalin odunu ıslatabilmesini ve dolayısıyla yapışma direncini azaltır. Temas açısı sonuçları sıcaklık artışıyla ıslanabilme yeteneğinin azaldığını göstermektedir. Islanabilme yeteneğinin azalması tutkalin odun yüzeyine yeterince penetre olamamasına ve odun-tutkal-odun arasındaki yapışmanın yetersiz olmasına sebep olur.

Kurutma sıcaklığının artması yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve yüzey enerjisinin azalmasına neden olduğu için yapışma direncinin azalmasına sebep olur (Christiansen, 1990; Güler, 1996). Bu çalışmada da kurutma sıcaklığının yüzey pürüzlülüğünü artırdığı

sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 39, 42, 45, 48). Bu durum yapışma direncinin azalmasına dolayısıyla elastikiyet modülünün düşmesine neden olmuştur.

4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci yonga kurutma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Yongalara uygulanan kurutma sıcaklığına göre elde edilen yüz dik çekme direnci değerleri Şekil 10’ da verilmiştir.



Şekil 10. Yüzeye dik çekme direnci üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri (0,566 N/mm²) 100°C’de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda elde edilmiştir. En düşük yüzeye dik çekme direnci değeri ise (0,312 N/mm²) 180°C’de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda gözlenmiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla yüzeye dik çekme direncinde % 44,88 oranında bir azalma gözlenmiştir.

Hemiselülozların yapısında higroskopik polimerler bulunduğu için odunun ıslanabilmesini etkilemektedir. Kurutma sıcaklığının artması hemiselülozların yapısını bozduğu için odunun ıslanabilmesi azalır (Yıldız, 2002). Kurutma sıcaklığının artması sonucu hemiselüloz miktarında belirgin bir azalma görülmüştür. Bu durum tutkalın yeterli bir Şekilde odunu ıslatamamasını, dolayısıyla yapışma direncini azaltarak yüzeye dik çekme direncinin düşmesine neden olur. Islanabilme yeteneğindeki azalma temas açısı sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Kurutma sıcaklığındaki artış temas açısı değerlerinin artmasına dolayısıyla da ıslanabilme yeteneğinin azalmasına neden olmuştur (Tablo 51).

Kurutma sıcaklığındaki artışın ıslanabilmeyi olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Aydın, 2003).

Yüzeye dik çekme direncindeki azalmanın bir diğer nedeni yüzey pürüzlülüğündeki artış olabilir. Kurutma sıcaklığının artması; pürüzlülüğün artmasına, yüzey enerjisinin azalmasına ve böylece zayıf tutkal bağlarının oluşmasına sebep olur (Christiansen, 1990; Güler, 1996).

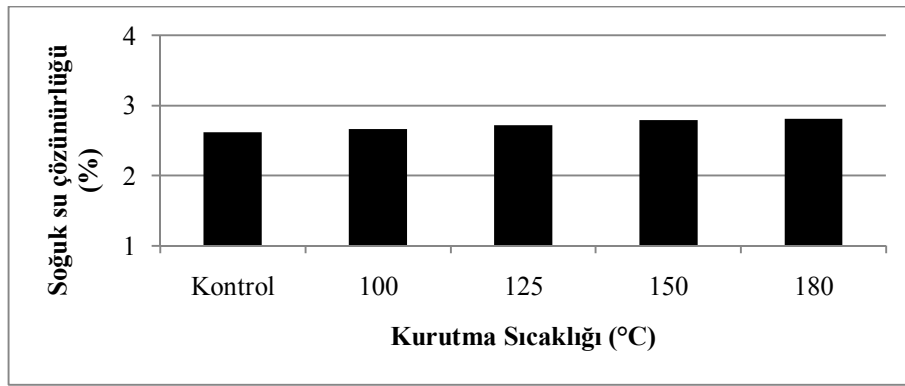
Odunun pH değeri yapıştırma işleminde oldukça önemli bir etkidir. Yapıştırıcının reaksiyon oranı, polimerizasyon derecesi ve sertleşme süresi odunun pH derecesindeki değişikliklerden oldukça etkilenir. Özellikle ÜF tutkalı kullanıldığında pH değerinin optimum 4,5-5,0 arasında olması istenir (Göker ve Akbulut, 1992). Yapılan bu çalışmada pH değerinin kurutma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 36). Bu durum erken sertleşmeye neden olduğu için yüzeye dik çekme direncinde azalmaya sebep olmuştur.

Üronik ve asidik asit gibi asidik özellikteki ekstraktif maddeler tutkal-odun bağına bozmaktadır (Foster, 1967). Bununla birlikte odun yüzeyindeki ekstraktif maddelerin yapışma kalitesini azalttığı belirtilmektedir (Hancock, 1963; Koch, 1964; Aydın, 2003). Bu çalışmada, kurutma sıcaklığının artmasına bağlı olarak %1'lik NaOH ve alkol-benzende çözünen ekstraktif maddelerin arttığı tespit edilmiştir (Tablo 21, 24). Ekstraktif maddelerin yapışmayı olumsuz etkilediği ve yüzeye dik çekme direncini azalttığı söylenebilir.

4.3. Yongaların Kimyasal Analizi

4.3.1. Soğuk Su Çözünürlüğü

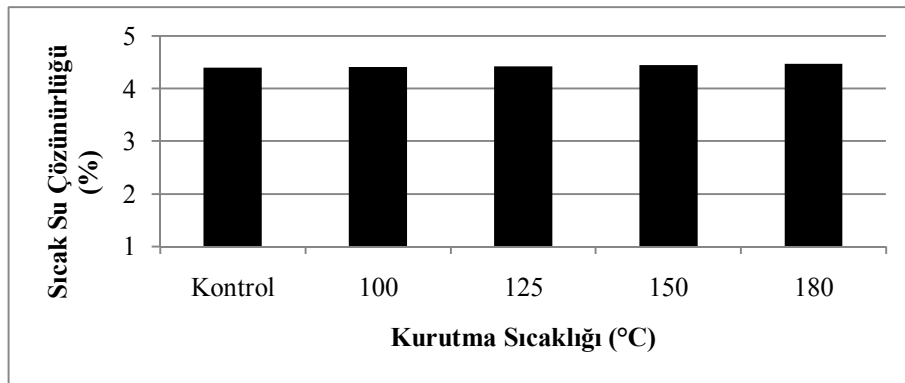
Yapılan çalışma sonucu elde edilen soğuk su çözünürlüğü değerleri incelendiğinde belirgin bir fark tespit edilememiştir. Kurutma sıcaklığının soğuk su çözünürlüğü üzerine etkisi Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

4.3.2. Sıcak Su Çözünürlüğü

Yapılan çalışma sonucu elde edilen sıcak su çözünürlüğü değerleri incelendiğinde belirgin bir fark tespit edilememiştir. Kurutma sıcaklığının sıcak su çözünürlüğü üzerine etkisi Şekil 12’de verilmiştir.

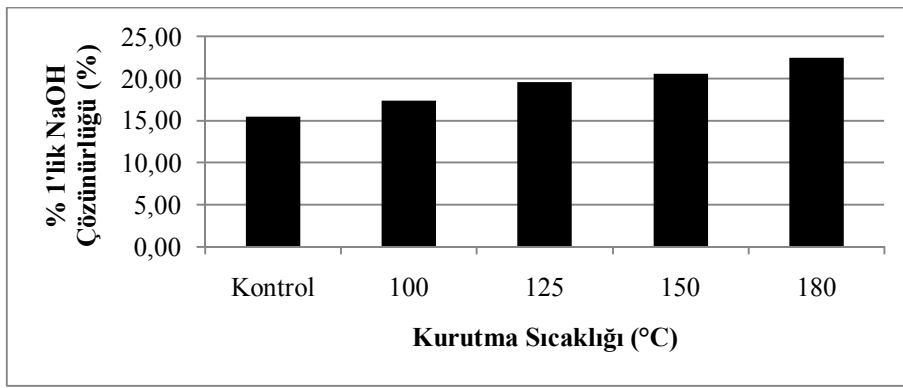


Şekil 12. Soğuk su çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

4.3.3. % 1'lik NaOH Çözünürlüğü

Yapılan çalışma sonucu kurutma sıcaklığının % 1'lik NaOH çözünürlüğü üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla % 1'lik NaOH çözünürlüğünde meydana gelen artış Şekil 13' te görülmektedir.

Kontrol örneğinin % 1'lik NaOH çözünürlüğü değeri % 15,48 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğine kıyasla çözünürlük değerleri 100°C için % 12,01, 125°C için % 26,68, 150°C için % 32,75 ve 180°C için % 45,35 artmıştır.

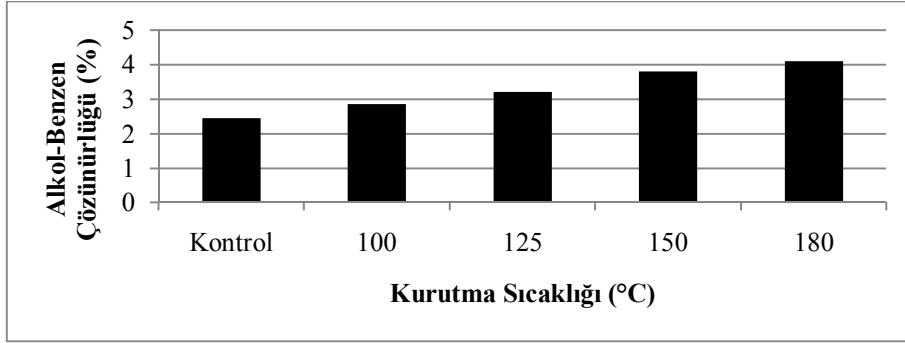


Şekil 13. %1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Odunun yapısındaki hemiselülozların alkali ortamda çözüldüğü bilinmektedir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla hemiselülozlar hidrolize uğrayarak daha küçük fragmentleri oluşturur. Bu fragmentler suda çözünmediği halde alkali içinde kolaylıkla çözünür duruma gelmektedir. Sonuçta odundaki hemiselüloz miktarı azalırken %1'lik NaOH çözünürlüğü değerinin de arttığı söylenebilir.

4.3.4. Alkol-Benzen Çözünürlüğü

Elde edilen sonuçlara göre kurutma sıcaklığının artması alkol-benzen çözünürlüğünü arttırdığı tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla alkol-benzen çözünürlüğünde meydana gelen artış Şekil 14'te verilmiştir.



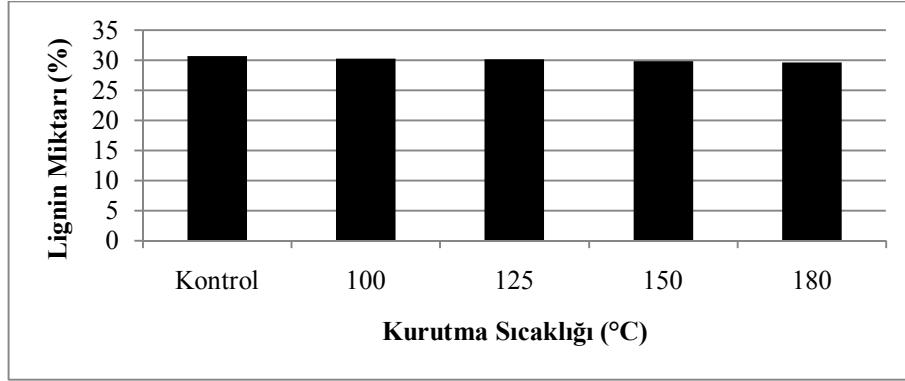
Şekil 14. Alkol-benzen çözünürlüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Kontrol örneğine ait ortalama çözünürlük oranı % 2,45 iken bu oran 100°C için % 2,86, 125°C için % 3,21, 150°C için % 3,80 ve 180°C için % 4,10 şeklinde belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının 100°C'den 180°C'ye yükseltilmesiyle alkol-benzen çözünürlüğü% 43,36 artmıştır.

Kurutma sıcaklığının etkisiyle odundaki karbonhidratların ve lignin birimlerinin ekstraktif madde benzeri yapılara dönüştüğü bununda alkol-benzen çözünürlüğünü artırdığı belirtilmektedir (Kotilainen, 2000). Bununla birlikte sıcaklığın etkisiyle bozularak daha küçük yapılara dönüşen hemiselüloz birimlerinin alkol-benzen çözünürlüğünü arttırdığı düşünülebilir.

4.3.5. Lignin Miktarı

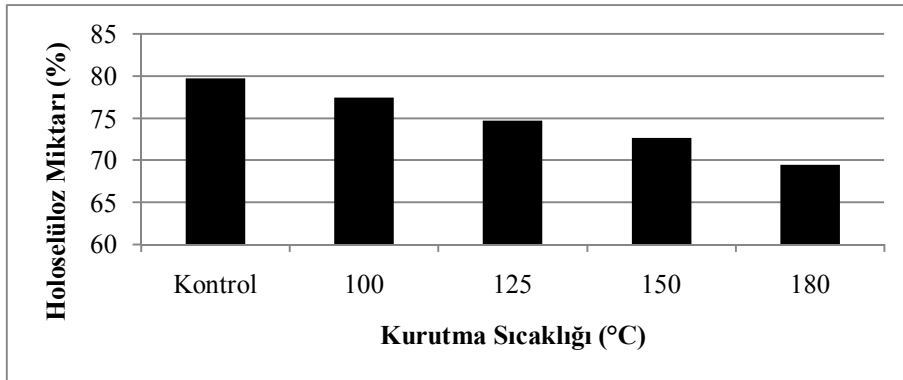
Kurutma sıcaklığındaki artışın lignin miktarı üzerine etkili olmadığı görülmüştür. Yongalara uygulanan kurutma sıcaklığına bağlı olarak elde edilen lignin miktarları Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Lignin miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

4.3.6. Holoselüloz Miktarı

Kurutma sıcaklığının holoselüloz miktarı üzerinde etkili olduğu, sıcaklığın artmasıyla birlikte holoselüloz miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 16'da gösterilmiştir.



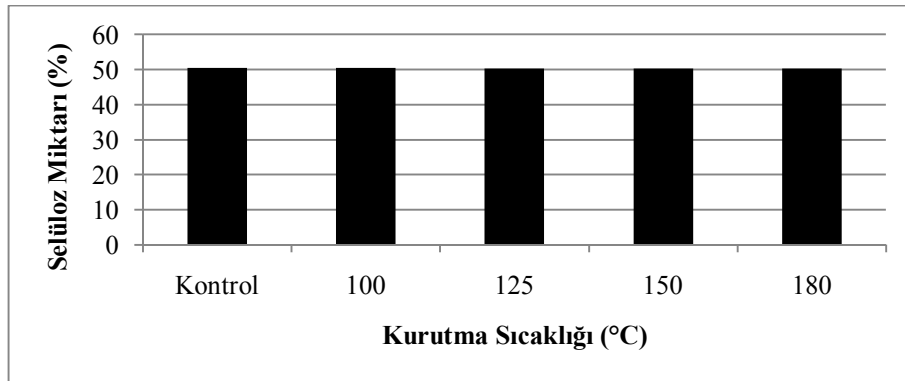
Şekil 16. Holoselüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Kontrol örneğinin holoselüloz miktarı % 79,71 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğine kıyasla holoselüloz değerleri 100°C için % 77,47, 125°C için % 74,69, 150°C için % 72,63 ve 180°C için % 69,44 olarak belirlenmiştir.

Odunun yapısında bulunan selüloz ve hemiselüloz birimleri holoselülozu oluşturmaktadır. Bu çalışmada elde edilen selüloz miktarı sonuçları incelendiğinde sıcaklığın etkisiyle belirgin bir azalma olmadığı, selüloz miktarının tüm gruplar için % 50 civarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 32). Bu sonuca göre holoselüloz miktarındaki azalmaya sıcaklığın etkisiyle bozulan hemiselülozların neden olduğu söylenebilir. Kurutma sıcaklığının etkisiyle hemiselülozlardaki asetil gruplarının kopması söz konusudur. Hemiselülozların bozunmasıyla asetik asit oluşmakta ve bu durum odundaki karbonhidratların parçalanmasına ve polimerizasyon derecelerinin düşmesine neden olur (Militz, 2002; Kotilainen, 2000).

4.3.7. Selüloz Miktarı

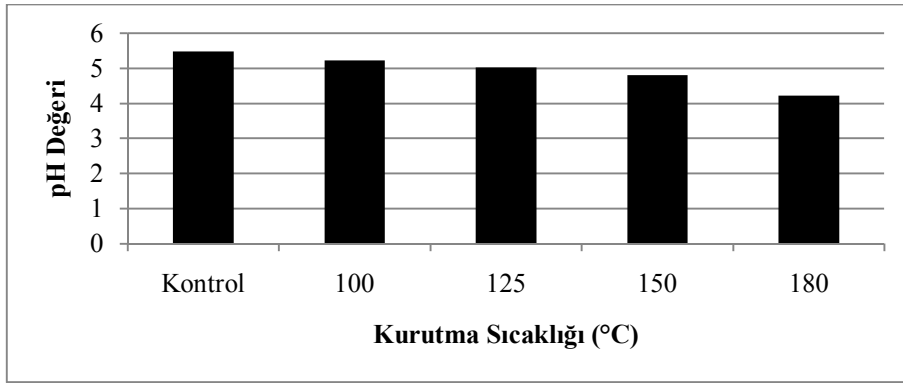
Selüloz miktarının yonga kurutma sıcaklığından etkilenmediği görülmüştür. Kurutma sıcaklığındaki değişmelere bağlı olarak elde edilen selüloz miktarları Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Selüloz miktarı üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

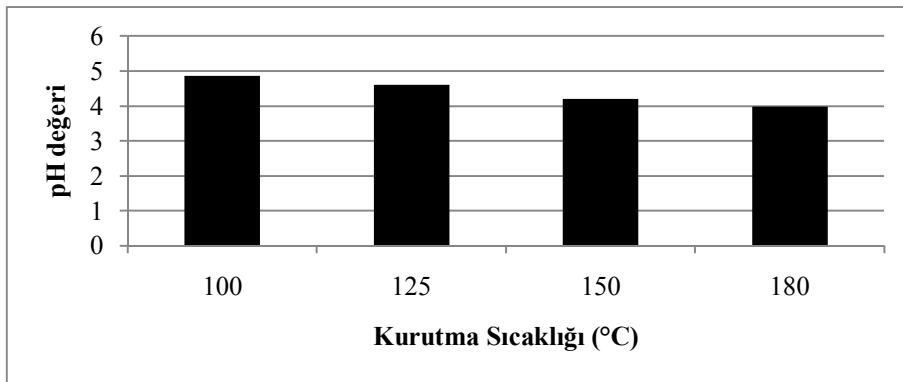
4.3.8. pH Değeri

pH değerleri kontrol örneğine kıyasla sıcaklığın artmasıyla azalmıştır. Kontrol örneğinin pH değeri 5,49 olarak bulunmuştur. Sırasıyla 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C sıcaklıklarda kurutulmuş yongaların pH değerleri 5,23, 5,03, 4,8 ve 4,23'tür. Kurutma sıcaklığının pH değeri üzerine etkisi Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 18. pH değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Buna ilave olarak kurutulmuş ve tutkallanmış yongaların pH değeri incelenmiş olup tutkallama işleminin yongaların mevcut pH değerlerini dūřürdüęü saptanmıştır. Tutkallama işlemi pH değerinde ortalama % 8'lik bir azalmaya sebep olmuştur. Őekil 19'da kurutma ve tutkallama işlemine tabi tutulmuş yongaların pH değeri verilmiştir.



Şekil 19. pH değeri üzerine kurutma sıcaklığı ve tutkallamanın etkisi

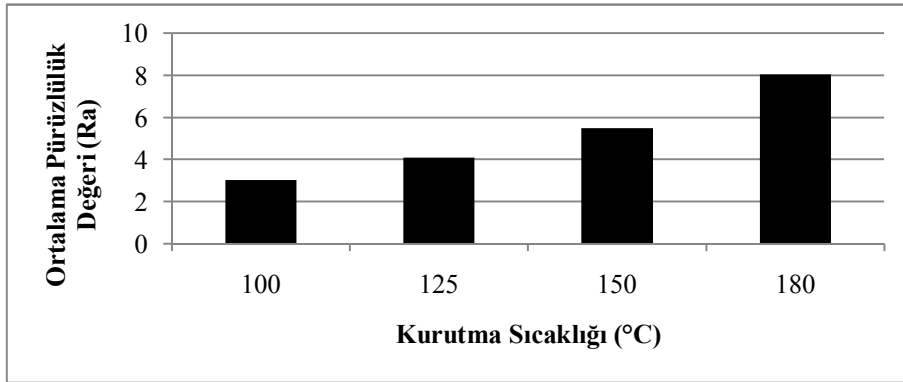
Kurutma şiddetinin artmasıyla 4-o-metil arabinoglukronaksilan'dan asetil gruplarının asit halinde ayrılmasının pH değerindeki azalmanın sebebi olduğu söylenebilir. Bununla birlikte tutkallanmış yongaların daha asidik sonuç vermesinin nedeni, üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için asidik koşulların gerekmesi ve bunun için tutkala amonyum klorür ilavesiyle ortamda hidroklorik asitin ortaya çıkması sebep olmuştur. Yapılan çalışmalarda kurutma sıcaklığının artmasıyla çam odunlarında pH değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Çolak, vd., 1996; Çolakoğlu ve Roffael, 2000).

4.4. Yongalevhanın Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

4.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

4.4.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Bu çalışmada elde edilen verilere göre ortalama pürüzlülük değerlerinde sıcaklık artışına bağlı olarak artış kaydedilmiştir (Tablo 39). Kurutma sıcaklığının ortalama pürüzlülük değeri üzerine etkisi Şekil 20'de gösterilmiştir.



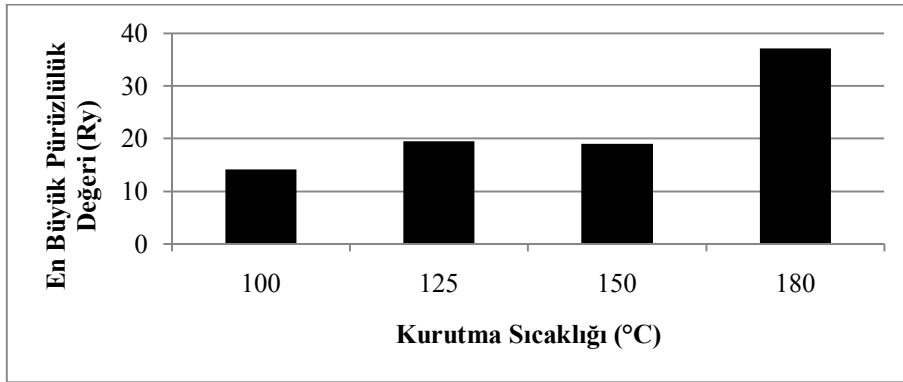
Şekil 20. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

En düşük ortalama pürüzlülük değeri ($Ra=3,03 \mu m$) $100^{\circ}C$ sıcaklıkta kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda elde edilmiştir. En büyük ortalama pürüzlülük değeri ($Ra=8,03 \mu m$) ise $180^{\circ}C$ 'de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalarda uygulanan kurutma sıcaklığı derecesinin

artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinde de artış olduğu belirlenmiştir (Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Dündar, vd., 2008).

4.4.1.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)

En büyük pürüzlülük değerleri incelendiğinde kurutma sıcaklık değerinin artmasıyla pürüzlülüğün arttığı tespit edilmiştir (Tablo 42) . Kurutma sıcaklığının en büyük pürüzlülük değeri üzerine etkisi Şekil 21’de gösterilmiştir.

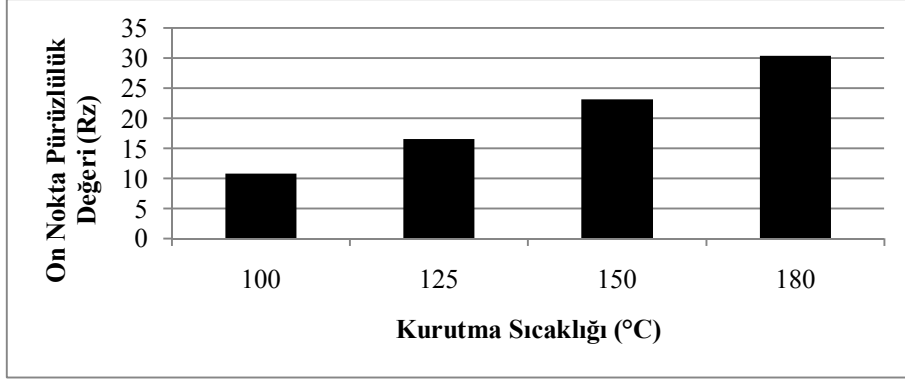


Şekil 21. En büyük pürüzlülük değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Bu çalışmada kurutma sıcaklığına bağlı olarak elde edilen en büyük pürüzlülük değerleri (Ry) sırasıyla 100° için 14,17µm, 125° için 19,51 µm, 150° için 19,07 µm ve 180° için 37,14 µm şeklindedir. Kurutma sıcaklığı şiddetinin yükseltilmesiyle pürüzlülük değerlerinin yükseldiği belirtilmektedir (Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Dündar, vd., 2008).

4.4.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)

Kurutma sıcaklığındaki artış on nokta pürüzlülük değerinde yükselmeye sebep olmuştur (Tablo 45). On nokta pürüzlülüğü üzerine kurutma sıcaklığının etkisi Şekil 22’de verilmiştir.

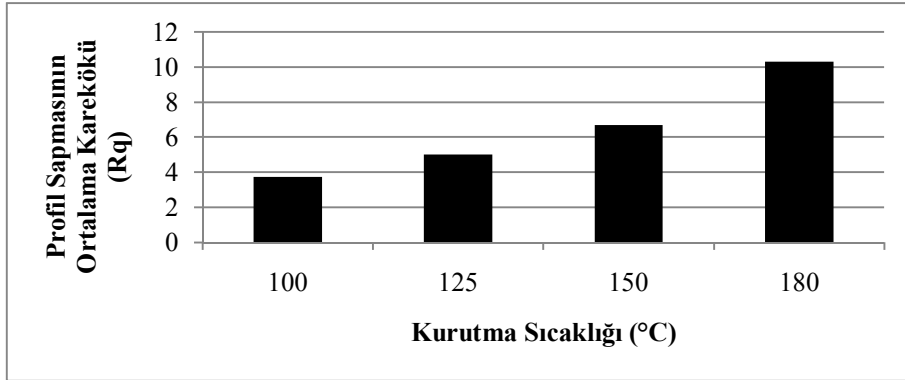


Şekil 22. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

En düşük on nokta pürüzlülüğü değeri ($Rz= 10,77$) 100°C sıcaklıkta kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda elde edilmiştir. En büyük ortalama pürüzlülük değeri ($Rz=30,37$) ise 180°C 'de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalarda ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalarda uygulanan kurutma sıcaklığı derecesinin artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinde de artış olduğu belirlenmiştir (Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Dünder, vd., 2008).

4.4.1.4. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)

Bu çalışmada elde edilen verilere göre ortalama pürüzlülük değerlerinde sıcaklık artışına bağlı olarak artış kaydedilmiştir (Tablo 48). Kurutma sıcaklığının ortalama pürüzlülük değeri üzerine etkisi Şekil 23'te gösterilmiştir.

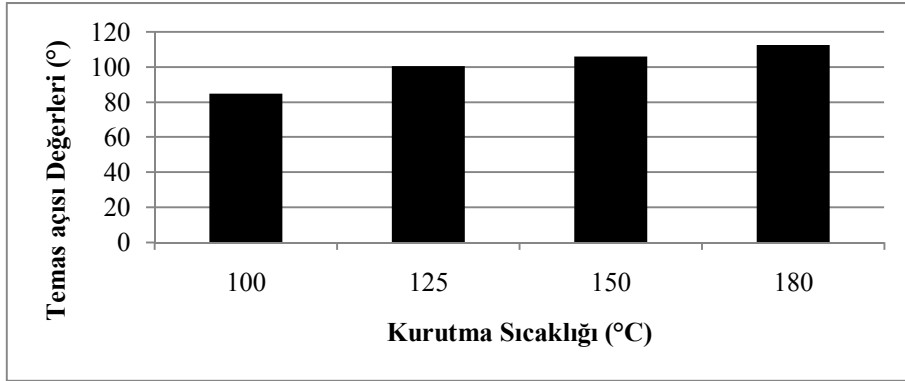


Şekil 23. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Kurutma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak elde edilen profil sapmasının ortalama karekökü değeri (Rq) sırasıyla 100° için 3,74 μm , 125° için 5,02 μm , 150° için 6,71 μm ve 180° için 10,32 μm şeklindedir. Yapılan çalışmalarda kurutma sıcaklığı şiddetinin yükseltilmesiyle pürüzlülük değerlerinin arttığı saptanmıştır (Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Dündar, vd., 2008).

4.4.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)

Temas açısı değerleri kurutma sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. Sırasıyla 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C sıcaklıklarda kurutulmuş yongalardan üretilen levhaların temas açısı değerleri 84,98°, 100,49°, 106,14°, ve 112,81°'dir. Sıcaklığın 100°C'den 180°C'ye yükseltilmesiyle temas açısı değerinde % 32,75 oranında bir artış olmuştur. Kurutma sıcaklığının etkisiyle temas açısında meydana gelen artış Şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 24. Temas açısı değeri üzerine kurutma sıcaklığının etkisi

Temas açısı sonuçlarını etkileyen en önemli etkenlerden biri yüzey pürüzlülüğüdür. Genel olarak malzeme yüzeyi üzerinde ölçülen temas açısı değeri 80°'nin üzerinde ise yüzey pürüzlülüğü arttıkça temas açısı değeri büyümektedir (Buscher, vd., 1983; Onda, vd., 1996; Aydın, 2003). Bu çalışmada ölçülen en küçük temas açısı değeri 84,98° olarak belirlenmiştir. Buna ilave olarak yüzey pürüzlülüğünün sıcaklık artışıyla birlikte artması (Şekil 16) temas açısı değerinin artmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalarda kurutma sıcaklığındaki artışın ıslanabilme yeteneğinde azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir (Christiansen, 1994, 1997; Aydın, 2003).

5. SONUÇLAR

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Özgül Ağırlık

1. Deneme levhalarında hedeflenen özgül ağırlık değeri $0,70\text{g/cm}^3$ iken levhalardan elde edilen özgül ağırlık değerleri $0,695\text{-}0,698\text{ g/cm}^3$ arasında değişmiştir. Hedeflenen özgül ağırlığa ulaşılmıştır.
2. Yonga kurutma sıcaklığının yongalevhanın özgül ağırlığına etkisi olmadığı görülmüştür.

5.1.2. Rutubet Miktarı

1. TS EN 312 (2005) nolu standarda göre yongalevhanın rutubet miktarı % 5-13 arasında olması öngörülmektedir. Deneme levhalarının rutubeti % 9,01-9,07 arasında çıkmıştır. Levhaların rutubet miktarı standartta belirtilen şarta uymaktadır.

5.1.3. Kalınlık Artışı Oranı

1. Kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte kalınlık artışı değerinde azalma meydana gelmiştir.
2. En düşük kalınlık artışı değeri 180°C 'de kurutulmuş levhalarda meydana gelirken 100°C 'de kurutulmuş yongalardan üretilen levhalar en yüksek değerleri vermiştir.
3. TS EN 312 (2005) standardına göre 10 mm kalınlığında üretilen levhalar için 24 saatlik kalınlık artışı değeri % 8-16 arasında öngörülmektedir. Yapılan çalışmada levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri %35,64-46,87 arasında çıkmıştır. Kalınlık artışı sonuçlarının standartta belirtilen koşullara uymaması su itici özelliğe sahip parafinin üretimde kullanılmamasından kaynaklanmaktadır.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme Direnci

1. TS EN 312 (2005) standardına göre, 10 mm kalınlığa sahip yongalevhelerde eğilme direnci; genel amaçlı kullanım için en az $12,5 \text{ N/mm}^2$, iç mekân uygulamalarında (mobilya dâhil) ise bu değer $13,0 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Buna göre üretimi gerçekleştirilen 1, 2 ve 3 nolu levhalar hem genel kullanıma hem de mobilya üretimine uygundur. 4 nolu levha ise sadece genel kullanım amacına uygundur.
2. Yonga kurutma sıcaklığı 100°C , 125°C , 150°C ve 180°C şeklinde uygulanmış, artan sıcaklığa bağlı olarak eğilme direncinde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

5.2.2. Elastikiyet Modülü

1. TS EN 312 (2005) standardına göre, 10 mm kalınlığa sahip yongalevhelerde elastikiyet modülü değeri iç mekân uygulamalarında (mobilya dâhil) 1800 N/mm^2 olarak öngörülmüştür. Buna göre üretimi gerçekleştirilen 1, 2 ve 3 nolu levhalar hem genel kullanıma hem de mobilya üretimine uygundur. 4 nolu levha ise sadece genel kullanım amacına uygundur.
2. Kurutma sıcaklığı şiddetinin 100°C 'den sırasıyla 125°C , 150°C ve 180°C 'ye yükseltilmesi elastikiyet modülü değerini olumsuz yönde etkilemiştir.

5.2.3. Yüze Dik Çekme Direnci

1. TS EN 312 (2005) standardına göre, 10 mm kalınlığa sahip yongalevhelerde yüze dik çekme direnci; genel amaçlı kullanım için en az $0,28 \text{ N/mm}^2$, iç mekân uygulamaların (mobilya dâhil) için bu değer en az $0,40 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Buna göre üretimi gerçekleştirilen 1, 2 ve 3 nolu deneme levhalarının genel amaca ve mobilya üretimine uygun olduğu, 4 nolu levhanın ise sadece genel amaçlı kullanım yeri için uygun olduğu belirlenmiştir.

2. Elde edilen sonuçlara göre, sıcaklık değerinin 100°C'den 180°C'ye kademeli olarak artırılması yüzeye dik çekme direnci değerinin düşmesine sebep olmuştur.

5.3. Kimyasal Özellikler

5.3.1. Soğuk Su Çözünürlüğü

1. Kurutma sıcaklığındaki artışın soğuk su çözünürlüğü üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır.
2. Literatürde soğuk su çözünürlüğünün sert odunlarda % 4-6, yumuşak odunlarda ise % 2-3 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen sonuçlar literatüre uygun çıkmıştır.

5.3.2. Sıcak Su Çözünürlüğü

1. Sıcak su çözünürlüğünün kurutma sıcaklığı artışından etkilenmediği görülmüştür.
2. Literatürde sıcak su çözünürlüğünün sert odunlarda % 2-7, yumuşak odunlarda ise % 3-6 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen sonuçlar literatüre uygun çıkmıştır.

5.3.3. % 1'lik NaOH Çözünürlüğü

1. Kurutma sıcaklığının % 1'lik NaOH çözünürlüğü üzerine etkili olduğu belirlenmiştir.
2. En düşük % 1'lik NaOH çözünürlüğü değeri 100°C'de kurutulmuş örneklerde elde edilirken en yüksek çözünürlük değeri 180°C'de kurutulan örneklerden elde edilmiştir.
3. Literatürde % 1'lik NaOH çözünürlüğünün sert odunlarda % 14-20, yumuşak odunlarda ise % 9-16 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen % 1'lik NaOH çözünürlüğü sonuçları incelendiğinde literatüre oranla değerlerde artış olduğu gözlenmiştir.

5.3.4. Alkol-Benzen Çözünürlüğü

1. Kurutma sıcaklığı şiddetinin 100°C'den sırasıyla 125°C, 150°C ve 180°C'ye yükseltilmesi alkol-benzen çözünürlüğü değerinin artmasına sebep olmuştur.
2. En düşük çözünürlük değeri 100°C'de kurutulmuş örneklerde elde edilirken en yüksek değer 180°C'de kurutulmuş örneklerden elde edilmiştir.
3. Literatürde alkol-benzen çözünürlüğünün sert odunlarda % 2-6, yumuşak odunlarda ise % 2-8 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen alkol-benzen çözünürlüğü sonuçları incelendiğinde değerlerin literatüre uygun olduğu görülmüştür.

5.3.5. Lignin Miktarı

1. Lignin miktarının kurutma sıcaklığı değerindeki artıştan etkilenmediği belirlenmiştir.
2. Literatürde lignin miktarının sert odunlarda % 30-35, yumuşak odunlarda ise % 25-35 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen sonuçlar literatüre uygun çıkmıştır.

5.3.6. Holoselüloz Miktarı

1. Yapılan çalışmada kurutma sıcaklığının holoselüloz miktarı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır.
2. Selüloz ve hemiselüloz birimlerinden oluşan holoselüloz miktarındaki azalma selüloz miktarı değişmediği için hemiselülozdan kaynaklanmaktadır.
3. En yüksek holoselüloz miktarı 100°C'de elde edilirken, en düşük değer 180°C kurutulmuş yongalardan elde edilmiştir.
4. Literatürde holoselüloz miktarının sert odunlarda % 70-78, yumuşak odunlarda ise % 63-70 arasında değiştiği belirtilmektedir (Güler, vd., 2008). Elde edilen holoselüloz sonuçları incelendiğinde literatüre oranla değerlerde artış olduğu gözlenmiştir.

5.3.7. Selüloz Miktarı

1. Kurutma sıcaklığındaki artışın selüloz miktarı üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir.
2. Literatürde selüloz miktarının sert odunlarda % 40-50, yumuşak odunlarda ise % 40-50 arasında değiştiği belirtilmektedir (Parisi, 1989). Elde edilen sonuçlar literatüre uygun çıkmıştır.

5.3.8. pH Değeri

1. Kurutma sıcaklığı değerinin sırasıyla 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C'ye yükseltilmesiyle yongaların pH değerinin kontrol örneğine kıyasla azaldığı tespit edilmiştir.
2. Kurutma ve tutkallama işlemine tabi tutulan örneklerin pH değeri sadece kurutma işlemi ile muamele edilmiş örneklerle kıyasla % 8 civarında azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle 3 ve 4 nolu grupların üretildiği tutkal-yonga karışımının pH değeri iyi bir yapışma için gerekli olan değer (pH=4,5-5,0) altında olduğu tespit edilmiştir.

5.4. Yüzey Özellikleri

5.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Kurutma sıcaklığının artırılmasıyla ortalama pürüzlülük (Ra), on nokta pürüzlülüğü (Rz), en büyük pürüzlülük (Ry) ve profil sapmasının karekökü (Rq) değerlerinde artış gözlenmiştir.

5.4.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)

Yongalara uygulanan kurutma sıcaklığı değerinin kademeli olarak 100°C, 125°C, 150°C ve 180°C şeklinde artırılması temas açısının artmasına dolayısıyla ıslanabilme yeteneğinde azalmaya neden olmuştur.

6. ÖNERİLER

Yonga kurutma işlemi yongalevha üretiminde maliyet ve süre açısından dikkate alınması gereken önemli bir aşamadır. Bu çalışmada yonga kurutma sıcaklığının yongalevhanın fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yongaları kurutmak için uygulanan sıcaklık değerleri sırasıyla 100°C, 125°C, 150°C ve 180° şeklinde belirlenmiştir. Yapılan testler sonucu, kademeli olarak artırılan sıcaklık değerlerinin yongalevhanın özelliklerine olan etkisi araştırılmış ve uygun kurutma sıcaklığının tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Kalınlık artışı oranı yonga kurutma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azaldığı için yongaların kurutulması işleminde uygulanan sıcaklık değeri artırılabilir. En düşük kalınlık artışı oranı 180°C’de kurutulan yongalardan üretilmiş levhalardan elde edilmesine rağmen bu gruptaki levhaların mekanik ve yüzey özelliklerinin düşük çıkması dikkate alınmalıdır. Bu bakımdan kurutma sıcaklığı değerinin 150°C’nin üzerine çıkarılmaması önerilebilir.

2 ve 24 saat süreyle suda bekletilen örneklerden elde edilen kalınlık artışı değerlerinin standartta belirtilen değerlerden yüksek çıkması su itici özellikteki parafinin üretimde kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Eğer üretimde parafin kullanılırsa kalınlık artışı değerlerinin standartta belirtilen koşulların daha da altında çıkacağı öngörülmektedir. Kalınlık artışını azaltmak amacıyla aşağıdaki önlemler alınabilir:

1. Levha yüzeyi kaplanabilir (Nemli, 2000).
2. Yongalar asetilasyon işlemine tabi tutulabilir (Unchi,1946)
3. Yongalar su buharı etkisinde bırakılabilir (Yusuf, 1996).
4. Yongalar su itici maddeler ile muamele edilebilir (Philippou, vd., 1982)

Yongalevhanın mekanik özellikleri olan eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerleri incelendiğinde kurutma sıcaklığının artmasına bağlı olarak bu değerlerde azalma meydana gelmiştir. 180°C’nin altında kurutulan yongalardan elde edilen levhaların mekanik özellikleri TS EN 312 (2005) standardında belirtilen genel kullanım yeri ve iç mekan uygulamaları (mobilya dahil) için uygun olması nedeniyle kurutma sıcaklığı şiddetinin bu değer altıda tutulması önerilebilir. Kurutma sıcaklığı değerinin 100°C’den 150°C’ye çıkarılmasıyla, mekanik özelliklerdeki değişiklikler standartta belirtilen sınırlar içersinde tutularak fabrika kapasitesinin artırılması

gerçekleştirilebilir. Yongalevhanın mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla aşağıdaki önlemler alınabilir:

1. Tutkal miktarı artırılabilir (Maloney, 1977; Liv ve McNatt, 1991).
2. Yongalevha özgül ağırlığı artırılabilir (Göker, vd., 1984).
3. Pres süresi ve sıcaklığı artırılabilir (Hata, T., 1993).
4. Narinlik oranı yaklaşık 150 olan yongalar kullanılabilir (Göker ve Akbulut, 1992).
5. Levhaların Yüzeyleri çeşitli malzemeler ile kaplanabilir (Nemli, 2000).

Yongalevha üretiminde iyi bir yapışma sağlanabilmesi için odun yongalarının tutkal tarafından yeterli miktarda ıslatılabilmesi gerekmektedir. Islanabilme yeteneği temas açısı ölçümüyle belirlenmektedir. Bu çalışmada elde edilen temas açısı sonuçlarına göre, iyi bir ıslanabilme için kurutma sıcaklığının düşük değerlerde tutulması önerilebilir.

Bu çalışmada elde edilen yüzey pürüzlülüğü verileri değerlendirildiğinde artan kurutma sıcaklığının pürüzlülük üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu görülmüştür. Bu durumu en düşük seviyeye indirebilmek için kurutma sıcaklığı seviyesinin düşürülmesi önerilebilir.

Odunun pH değeri – özellikle üre formaldehit tutkalı için – yapıştırıcının sertleşme tepkimesini etkilediği için oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalarda odun pH değerinin 4,5-5,0 arasında olması gerektiği saptanmıştır (Göker ve Akbulut, 1992). Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, özellikle kurutma sıcaklığının 150°C ve üzerinde uygulanması tutkallanmış yongaların pH değerinin 4,5'in altına düşmesine dolayısıyla tutkalın erken sertleşmesine sebep olduğu için levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Bu durumun önlenmesi için tutkal çözeltisine ilave edilen sertleştirici miktarının azaltılması önerilebilir.

Bu çalışma kapsamında sadece sarıçam odunu kullanılmıştır. Bilindiği üzere yumuşak ve sert ağaç odunlarının kimyasal ve anatomik yapısı farklılık arz etmekte birlikte yumuşak ve sert ağaç türleri de kendi içerisinde kimyasal ve anatomik yapı açısından çeşitlilik göstermektedir. Bu bakımdan kurutma sıcaklığının diğer ağaç türleri üzerinde nasıl bir etkiye sebep olacağı ve bu türlerden elde edilen levhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerinin ne derece etkileneceği incelenebilir.

Bu çalışmada kullanılan yonga kurutma fırını laboratuvar tipidir ve uygulanan sıcaklık değeri maksimum 180°C ile sınırlandırılmıştır. Fabrika ölçөгindeki kurutucular

kullanılarak daha yüksek sıcaklıklarda dolayısıyla daha kısa sürede, normal atmosfer koşullarında veya koruyucu gaz ortamında kurutma işlemi yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Akbulut, T., 1991. ORÜS Vezirköprü Yongalevha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, T., 1995. Çeşitli Faktörlerin Yatay Preslenmiş Yongalevhaların Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim, 1972. Wood Handbook, Insulation Board, Hardboard, MDF and Laminated Paperboards, Forest Products Laboratory, Washington, USA.
- ANSI/ASME B46.1, 1995. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standart Institute.
- APA, 1998. Structural Adhesives for Plywood-Lumber Assemblies, Technical Note, Number Y391 C, 5p.
- Aslan, M., 2007. İçme Suyu Atık Çamurunun Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, İ., 2003. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, I. ve Colakoglu, G., 2005. Formaldehyde Emission, Surface Roughness, and Some Properties of Plywood As Function of Veneer Drying Temperature, Drying Technology, 23, 5, 1107-1117.
- Baharoğlu, M., 2010. Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yongalevhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Basta, A.H., El-Saied, H., Gobran, RH. ve Sultan, MZ., 2004. Enhancing Environmental Performance of Formaldehyde-Based Adhesives in Lignocellulosic Composites, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 43, 3, 821-845.
- Batu, F., 1978. Varyans Analizi, K.T.Ü Orman Fakültesi Dergisi, 1, 2, 234-235.
- Berg, J.C., 1993. Chapter 2, Role of acid-base interactions in wetting and related phenomena, In: Wettability, Ed. J.C. Berg. Marcel Dekker, New York, 75-148.
- Blomquist, R.F., Christiansen, A.W., Gillespie, R.H. ve Myers, G.E., 1981. Adhesive bonding of wood and other structural materials, Madison WI: Pennsylvania State University.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 297, İstanbul.

- Bozkurt, A.Y., 1982. Çimentolu Yongalevhalar, İÜ, Orman Fakültesi Dergisi, 32,2, 30-34.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1985. Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayın No:3311/372, İstanbul
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1990. Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayın No:3311/372, İstanbul.
- B.S., 1811, 1969. Methods of Test for Wood Chipboards and Other Particleboards, British Standards Institution, London.
- Buscher, H.J., Pelt, A.W.J., Boer, P. ve Arends, J., 1983. The Effect of Surface Roughening of Polymers on Measured Contact Angles of Liquids, University of Groningen, Laboratory for Material Technica, The Netherlands.
- Carpenter, M.W., 1999. Characterizing The Chemistry of Yellow- Poplar Surfaces Exposed to Different Surface Energy Environments Using DCA, DSC and XPS, Master Thesis, Department of Wood Science, West Virginia University, West Virginia.
- Christiansen, A.W., 1990. How Overdrying Wood Reduces Its Bonding to Phenol Formaldehyde Adhesives: A Critical Review of The Literature, Part I. Physical Responses, Wood and Fiber Science, 22, 4, 441-459.
- Christiansen, A.W., 1994. Effect of Overdrying of Yellow-Poplar Veneer on Physical Properties and Bonding, Holz als Roh- und Werkstoff, 52, 139-149.
- Christiansen, A.W., 1997. Effect of Overdrying on Toughness of Yellow-Poplar Veneer, Holz als Roh- und Werkstoff, 55, 71-75.
- CPSC, 1997. An Update on Formaldehyde 1997 Revision, CPSC Document 725, Washington DC.
- Çehreli, H. T., 1981. Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların (Oriented Structural Board) Üretimi, Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri, KTÜ, Orman Fakültesi Dergisi, 4,1, 98-120.
- Çolak, S., Çolakoğlu, G. ve Usta, M., 1996. The Effects of Steaming and Drying on Chemical Composition of Pine (*pinus brutia ten.*) Veneers, Holz als Roh- und Werkstoff, 54, 442.
- Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G. ve Çolak, S., 2002. Ahşap Sanayinde Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin / Üre Formaldehit (MÜF) Yapıştırıcılarının Kullanımı, Mobilya Dekorasyon, 47, 130-138.
- Çolakoğlu, G. ve Roffael, E. 2000. Flüchtige Organische Säuren aus Furnier und Sperrholz, Holz- Zentralblatt, 12, 161-162.

- DIN 4768, 1990. Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (Stylus) Instruments, Concepts and Measuring Conditions, Deutsches Institut für Norming, Berlin, Germany.
- Dunky, M., 1998, Urea-Formaldehyde Adhesive for Wood, International Journal of Adhesion and Adhesives, 18, 95-107.
- Dunky, M., 2003, Adhesives in Wood Industry, in: Pizzi, A., and Mittal KL., Handbook of Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 887.
- Dundar, T., Ayrimis, N. ve Candan, Z., 2008. Evaluation of Surface Roughness of Laminated Veneer Lumber (LVL) Made From Beech Veneers Treated with Various Fire Retardants and Dried at Different Temperatures, Forest Products Journal, 58, 1/2, 71-76.
- Eckelman, C.A., 1997. A Brief Survey of Wood Adhesives, FNR 154.
- E.P.F., 1969. Manipulationsde Chimie Papetiere, Grenoble.
- E.N., 309, 1992. Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee for Standardization, Brussels.
- EN 310, 1993. Wood Based Panels, Determination of Modulus of Elasticity in Bending and Bending Strength, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 317, 1993. Particleboard and Fiberboards, Determination of Swelling in the Thickness After Immersion, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 319, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Tensile Strength Perpendicular to the Plane of The Board, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 322, 1993. Wood Based Panels, Determination of Moisture Content, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium, 1993.
- Eroğlu, H. ve Usta M., 2000. Liflevha Üretim Teknolojisi Ders Kitabı, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayın No. 200, Trabzon.
- Fidan, MS., Ertaş, M. ve Alma, MH., 2010. Orman Ürünleri Sanayisinde Senteik Tutkallara Alternatif Olarak Doğal Tutkalların Kullanılması, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı V: 1743-1753.
- Foster, W.G. 1967. Species Variation, In: T. Maloney: Proceedings of the W.S.U Particleboard Symposium, Volume 1, Pullmann, Washington.
- Goncalves, F.G., Lelis, R.C.C. ve Olivera, J.T.D., 2008. Influence of the Composition of Tannin Urea Formaldehyde Resins the Physical and Mechanicals Properties of Particleboard, Revista Arvore, 32, 4, 715-722.

- Göker, Y. ve Akbulut, T., 1992. Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler, I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Eylül, Trabzon, Bildiriler Kitabı I: 269-287.
- Göker, Y., Kantay, R. ve Kurtoğlu, A., 1984. Üç Tabakalı ve Okal Tipi Yongalevhaların Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İÜ, Orman Fakültesi, Yayın No:367.
- Grexa, O. ve Lübke, H., 2001. Flammability Parameters of Wood Tested on Acone Calorimeter, Polymer Degradation and Stability, 74, 3, 183-191.
- Grigoriou, A.H. ve Ntalos, G.A., 2001. The Potential Use of Castor Stalks As A Lignocellulosic Resource For Particleboards, Industrial Crops and Products, 13,3, 209-218.
- Güler, C., 1996. Bazı Üretim Faktörlerinin Kızılçam Kontrplaklarının Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Guler, C., Copur, Y. ve Tascioglu, C., 2008. The Manufacture of Particleboards Using Mixture of Peanut Hull (*Arachishypoqaea L.*) and European Black Pine (*Pinusnigra Arnold*) Wood Chips, Bioresource Technology, 99, 2893-2897.
- Gürü, M., Tekeli, S. ve Bilici, I., 2006. Manufacturing of Urea Formaldehyde Based Composite Particleboard From Almond Shell, Materials and Design, 27,10, 1148-1151.
- Gürü, M., Aruntaş, Y., Tüzün, FN., ve Bilici, İ., 2009. Processing of Urea-Formaldehyde-Based Particleboard from Hazelnut Shell and Improvement Of Its Fire And Water Resistance, Fire and Materials, 33, 413-419.
- Hafizoğlu, H. ve Deniz, İ., 2010. Odun Kimyası Ders Notları, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Han, G., Zhang, C., Zhang, D., Umerra, D. ve Kawai, S., 1998. Upgrading of Urea Formaldehyde-Bonded Reed and Wheat Straw Particleboard Using Silane Coupling Agents, J. Wood Sci, 44, 282-286.
- Hancock, W.V., 1963. Effect of Heat Treatment on The Surface of Douglas-Fir Veneer, Forest Products Journal, 13, 2, 81-88.
- Hata, T., 1993. Heat Flow in Particle Mat and Properties of Particleboard Under Steam Injection Pressing, Bull. For. and For. Prod. Res. Ins., No:8, Japan.
- Hendarto, B., Shayan E., Ozarska, B. ve Carr, R., 2006. Analysis of Roughness of a Sanded Wood Surface, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 28, 7-8, 775-780.

- Hettiarachchy, N.S., Kalapathy, U. ve Myers, D.J., 1995. Alkali-Modified Soy Protein with Improved Adhesive and Hydrophobic Properties, Journal of The American Oil Chemists Society, 72, 12, 1461-1464.
- Hiziroglu, S., 1993. Linear Expansion and Surface Stability of Particleboard, Forest Products Journal, 43, 4, 31-35.
- Hiziroglu, S., 1996. Surface Roughness Analysis of Wood Composites: A Stylus Method, Forest Products Journal, 46, 7-8, 67-72.
- Hiziroglu, S., Jarusombuti, S. ve Fueangvivat, V., 2004. Surface Characteristics of Wood Composites Manufactured in Thailand, Building and Environment, 39, 11, 1359-1364.
- Hiziroglu, S. ve Holcomb, R., 2005. Some of The Properties of Three Layer Particleboard Made from Eastern Redcedar, Building and Environment, 40, 5, 719-723.
- Hse, C.Y. ve Kuo, M., 1988. Influence of Extractives on Wood Gluing and Finishing- A Review, Forest Products Journal, 38, 1, 52-56.
- Huang, W. ve Sun, X., 2000a. Adhesive Properties of Soy Proteins Modified by Sodium Dodecyl Sulfate and Sodium Dodecylbenzene Sulfonate, Journal of The American Oil Chemists Society, 77, 7, 705-708.
- Huang, W. ve Sun, X., 2000b. Adhesive Properties of Soy Proteins Modified by Urea and Guanidine Hydrochloride, Journal of The American Oil Chemists Society, 77, 1, 101-104.
- Huş, S., Tank, T. ve Göksel, E., 1975. Türkiye (Tarsus Karabucak)'da Yetişen Okaliptüs (E. Camalduknsis Dehnh.) Türü Odunlarının Morfolojik Yönden Etüdü ve Yankimyasal Selülozunun Kağıt Sanayiinde Değerlendirilme İmkanları, TÜBİTAK yayımları, No: 275.
- Jain, N.C., Gupta, R.C. ve Jain D.K., 1967. Particleboard from groundnut shells, Proceedings of 11th Silviculture Conference, India.
- Jorge, FC., 2008. Recent Advances on Lignocellulosic-Based Composites for Performance and Environmentally-Compatibility Improvement, Molecular Crystals and Liquid Crystals, 484, 417-436.
- Kalaycıoğlu, H., 1991. Sahil Çamı (Pinus Pinaster Ait.) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H., 1997. OSB Levhaları (Yönlendirilmiş Yongalevhalar), KTÜ, Orman Fakültesi, Bahar Yarı Yılı Seminerleri, Seminer Serisi No:4, 120- 124.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, I. ve Hiziroglu, S., 2005. Some of Properties of Particleboard Made from Paulownia, Journal of Wood Science, 51, 4, 410-414.

- Kalaycıoğlu, H. ve Nemli, G., 2006. Producing Composite Particleboard from Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Stalks, Industrial Crops and Products, 24,2, 177-180
- Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R., 2009. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Kamal, I., Rashid, A., Malek, A., Yusof, MNM. ve Maseat, K., 2009. Physical and Mechanical Properties of Flame Retardant-Treated *Hibiscus Cannabinus* Particleboard, Modern Applied Science, 3, 8, 2-8.
- Kartal, SN. ve Clausen, CA., 2001. Leacability and Decay Resistance of Particleboard Made from Acid Extracted and Bioremediated CCA- Treated Wood, International Biodeterioration and Biodegradation, 47, 3, 183-191.
- Khristova, P., Yussifou, N., Gabir, S., Glavche, I. ve Osman, Z., 1998. Particleboards from sunflower stalks and tannin-modified UF resin, Cell. Chem. Technol. 32, 327–337.
- Kim, S., Kim, HJ., Kim, HS. ve Lee HH., 2006. Effect of Bio-Scavengers on The Curing Behavior and Bonding Properties of Melamine-Formaldehyde Resins, Macromolecular Materials and Engineering, 291, 9, 1027-1034.
- Kim, S., 2009. The Reduction of Indoor Air Pollutant from Wood-Based Composite by Adding Pozzolan for Building Materials, Construction and Building Materials, 23, 2319–2323.
- Koch, P., 1964. Techniques for Drying Thick Southern Pine Veneer, Forest Products Journal, 14, 9, 382-386.
- Kollmann, F., 1966. Holzspanwerkstoffe, Holzspanplatten und Holzspanformlange Rohstoffe, Herstellung, Plankosten Qualitätskontrolle Usw, Berlin, Heidelberg, New York.
- Kotilainen, R., 2000. Chemical Changes in Wood During Heating at 150-260° PhD Thesis, Jyväskylä University, Research Report 80, Finland.
- Lambuth, AL., 2003. Protein Adhesives for Wood, in: Pizzi, A., and Mittal KL., Handbook of Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York.
- Li, K., Pashkova, S. ve Geng, X., 2004. Investigation of Soy Protein-Kymene Adhesive Systems for Wood Composites, Journal of The American Oil Chemists Society, 81, 5, 487-489.
- Liv, J.Y. ve Mcnatt, J.D., 1991. Thickness Swelling and Density Variation in Apsen Flakeboards, Wood Science and Technology, 82, 25-33.
- Malaoney, T.M., 1946. Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing, Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco.

- Mantanis GI. ve Papadopoulos, AN., 2010. Reducing The Thickness Swelling of Wood Based Panels by Applying a Nanotechnology Compound, European Journal of Wood and Wood Products, 68, 2, 237–239.
- Mitlin, L., 1968. Particleboard Manufacture and Application. Novello & Co. Ltd., Kent.
- Militz, H., 2002. Thermal Treatment of Wood: European Processes and Their Background, IRG/WP02-40241, 33rd Annual Meeting, Cardiff-Wales, Section 4, 1-17.
- Maloney, T.M., 1977. Modern Particleboard and Dry Procees Fiberboard Manufacturing, San Francisco, U.S.A.
- Mo, X., Cheng, E., Wang, D. ve Sun, X.S., 2003. Physical Properties of Medium-Density Wheat Straw Particleboard Using Different Adhesives, Ind. Crops Prod. 18,1, 47-53.
- Mosesson, J.G., 1980. The Processing and Use of Waste Straw As A Constructional Material, Conserv. Recycling, 3, 389-412.
- Myers, GE., 1984. How Mole Ratio of UF Resin Affect Formaldehyde Emission and Other Properties: A Literature Critique, Forest Product Journal, 34, 5, 35-41.
- Nemli, G., Yalınkılıç, M.K., İmamura, Y., Takakoshi, M., Kalaycıoğlu, H., Demirci, Z. ve Özdemir, T., 1998. Biological, Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Waste Tea Leaves, International Biodeterioration & Biodegradation, 41, 1, 75-84
- Nemli, G., 2000. Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Nemli, G. ve Aydın, A., 2003. Üre Formaldehit Tutkalları, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 57, 6, 214.
- Nemli, G., Kırıcı, H., Serdar, B. ve Ay, N., 2003. Suitability of Kiwi Pruning for Particleboard Manufacturing, Ind. Crops Products, 17, 39-46.
- Nemli, G., Ozturk, I. ve Aydın, I., 2005. Some of The Parameters Influencing Surface Roughness of Particleboard, Building and Environment, 40, 10, 1337–1340.
- Nemli, G. ve Aydın, A., 2007. Evaluation of The Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made From The Needle Litter of *Pinus Pinaster* Ait., Industrial Crops and Products, 26, 252–258.
- Nemli, G., Aydın, I. ve Zekoviç E., 2007. Evaluation of Some of The Properties of Particleboard as Function of Manufacturing Parameters, Materials and Design, 28, 4, 1169-1176.

- Nemli, G., Demirel, S., Gümüşkaya, E., Aslan, M., ve Acar, C., 2009. Feasibility of incorporating waste grass clippings (*Lolium perenne* L.) in particleboard composites, Waste Management, 29,3 1129-1131.
- No, BY. ve Kim, MG., 2004. Syntheses and Properties of Low-Level Melamine-Modified Urea-Melamine-Formaldehyde Resins, Journal of Applied Polymer Science, 93, 6, 2559-2569.
- No, BY. ve Kim, MG., 2004. Evaluation of Melamine-Modified Urea-Formaldehyde Resins As Particleboard Binders, Journal of Applied Polymer Science, 106, 6, 4148-4156.
- Ntalos, G.A. ve Grigoriou, A.H., 2002. Characterization and Utilization of Vine Pruning As A Wood Substitute for Particleboard Production, Ind. Crops Products, 16, 59-68.
- Onda, T., Shibuichi, S., Satoh, N. ve Tsujii, K., 1996. Super-Water-Repellent Fractal Surfaces, Langmuir, 12, 9, 2125-2127.
- Örs, Y. ve Kalaycioglu, H., 1991. Using of Waste Tea Leaves on The Particleboard Industry, Turkish J. Agric. Forestry, 15, 968-974.
- Özen, R., 1981. Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yongalevha (Waferboard) Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları, KTÜ Basım Evi, Trabzon.
- Özen, R., 1982. Waferboard-Etiket Yongalı Levha Üretimi, KTÜ, Orman Fakültesi Dergisi, 5,1, 135-150.
- Papadopoulos, A.N. ve Hague, J.R.B., 2003. The Potential for Using Flax As A Lignocellulosic Rawmaterial for Particleboard, Ind. Crops Products, 17, 143-147.
- Parisi, F., 1989. Advances in Lignocellulosic Hydrolysis and in The Utilisation of The Hydrolysates, Advances Biochemical Engineering, 38, 53-87.
- Park, B.D., Kang, E.C. ve Park J.Y., 2006, Effects of Formaldehyde to Urea Mole Ratio on Thermal Curing Behavior of Urea-Formaldehyde Resin and Properties of Particleboard, Journal of Applied Polymer Science, 101, 1787-1792.
- Park, B.D., Kang, E.C. ve Park J.Y., 2008, Thermal Curing Behavior of Modified Urea-Formaldehyde Resin Adhesives with Two Formaldehyde Scavengers and Their Influence on Adhesion Performance, Journal of Applied Polymer Science, 110, 1573-1580.
- Pasillias, C.N. ve Voulgaridis, E.V., 1999. Water Repellant Efficiency of Organic Solvent Extractives from Aleppo Pine Leaves and Bark Applied to Wood, Holzforschung, 53, 151-155.

- Pizzi, A., 1994. Advanced Wood Adhesives Technology, Chapter 2, UF adhesives, pg.20-49, Marcel Dekker Inc.
- Pizzi, A., Valenezuela, J. ve Westermeyer, C., 1994. Low Formaldehyde Emission, Fast Pressing, Pine and Pecan Tannin Adhesives for Exterior Particleboard, Holz Als Roh-Und Werkstoff, 52, 5, 311-315.
- Pizzi, A., 2003. Urea-Formaldehyde Adhesives, in: Pizzi, A., and Mittal KL., Handbook of Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York.
- Philippou, L.J., Zavarin, E., Johns, W.E. ve Nguyen, T., 1982. Bonding of Particleboard Using Hydrogen Peroxide, Lignosulfonates, and Furfryl Alcohol: The Effect of Process Parameters, Forest Products Journal, 32, 3, 27-32.
- Radziszewski, P., Picard, B., Bourret, AM., Brunet, JP., Tétreault, M., Zaras, K., Cheriet, M. ve Ouellet J., 2005. Particleboard Surface-Roughness Classification System Modeling, Simulation, and Bench Testing, Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of The Asme, 127, 3, 677-686.
- Salman, Ö., 2005. Dalma Erozyon İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülük Parametrelerinin Genetik Programlama İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sensogut, C., Ozalp M. ve Yesil, H., 2009. The Effect of Borax Pentahydrate Addition to Urea Formaldehyde on The Mechanical Characteristics and Free Formaldehyde Content of Plywood, International Journal of Adhesion and Adhesives, 29, 5, 589-592.
- Soine, H., 1973. Modern Furniture Manufacture State of the Furniture Industry, Particleboards, Laminating and Coating with, Solid and Liquid Materials, Cutting to Size and Trimming of Boards Finishing of Edges, Folding, Boring, Packing, Auxiliary Equipment, Holz als Roh-und Werkstoff, 31,4, 145-156.
- TAPPI, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, TAPPI Pres Atlanta, Georgia, U.S.A.
- Tohmura, S., Inoue, A. ve Sahari, SH., 2001. Influence of The Melamine Content in Melamine-Urea-Formaldehyde Resins On Formaldehyde Emission And Cured Resin Structure, Journal of Wood Science, 47, 6, 451-457.
- Tröger, F., Wegener, G. ve Seeemann, C., 1998. Mischantus and Flax As Raw Material for Reinforced Particleboards, Ind. Crops Prod., 8,2, 113-121.
- TS EN 323/1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 642, 1999. Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standart Referans Atmosferleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TSE 4616, 1988. Yongalevhalar – Kalıp Preste Biçimlendirilmiş ve Kaplanmış Elemanlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 312, 2005. Yongalevhalar- Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 1351, 1973. Lif – Yonga Odunu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turreda, L.D., 1983. Bagasse, Wood and Wood-Bagasse Particleboards Bonded with Urea Formaldehyde and Polyvinyl Acetate/Isocyanate Adhesives, USDA Technol. J., 8,3, 66-78.
- Uchiyama, S., Matsushima E., Kitaoa, N., Tokunaga, H., Andoc, M. ve Otsuoa, Y., 2007. Effect of natural compounds on reducing formaldehyde emission from plywood, Atmospheric Environment, 41, 38, 8825-8830
- Unchi, S., 1946. Acetylation of Acacia Magnum Wood Fibers and Its Application in The MDF Manufacturing, Ph. D. Thesis, Faculty of Forestry, University Pertanian, Malaysia.
- URL-1, Orman Ürünlerinin İhracat Potansiyeli ve Ormancılıkta 2023 Stratejileri, www2.ogm.gov.tr/dokumanlar/trapor150609.doc, 22 Temmuz 2010.
- Walinder, M., 2000. Wetting Phenomena on Wood, Doctoral Thesis, Department of manufacturing Systems Wood Technology and processing, KTH-Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Vasisth, R.C. ve Chandramouli, P., 1975. New Panel Boards From Rice Husks, FAO Background Paper, FO/WCWBP/75.
- Wang, D. ve Sun, X.S., 2002. Low Density Particleboard from Wheat Straw and Corn Pith, Ind. Crops Prod., 15,1, 43-50.
- Wise, E.L. and Karz, H.L., 1962. Cellulose and Hemicellulose , In Pulp and Paper Science and Technology, Ed: C. Earl Libby, McGraw Book Co., New York.
- Wiswanathan, R. ve Gothandapani, L., 1999. Optimum Process Variables for The Production of Coir Pith Particleboard, J. Agric. Eng. Res., 74, 331–337.
- Yıldız, S., 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yusuf, S., 1996. Properties Enhancement of Wood by Crosslinking Formation and Its Application to The Recons Tituted Wood Products, pH. D. Thesis, Kyoto University, Japan.

ÖZGEÇMİŞ

19.06.1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 2008 yılında bu bölümden Orman Endüstri Mühendisi unvanı ile mezun oldu. Aynı yıl içinde KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandığı KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde halen görev yapmakta olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.