

**T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÜRE FORMALDEHİT TUTKALININ SODYUM-
KARBOKSİMETİLSELÜLOZ İLE MODİFİKASYONUN YONGA
LEVHALARIN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZIRLAYAN
İSMAİL ÖZLÜSOYLU**

**DANIŞMAN
PROF.DR. ABDULLAH İSTEK**

BARTIN-2016

T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÜRE FORMALDEHİT TUTKALININ SODYUM-KARBOKSİMETİLSELÜLOZ
İLE MODİFİKASYONUN YONGA LEVHALARIN BAZI ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
İsmail ÖZLÜSOYLU

2008

DANIŞMAN
Prof. Dr. Abdullah İSTEK

BARTIN-2016

KABUL VE ONAY

İsmail ÖZLÜSOYLU tarafından hazırlanan “ÜRE FORMALDEHİT TUTKALININ SODYUM-KARBOKSİMETİLSELÜLOZ İLE MODİFİKASYONUN YONGA LEVHALARIN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma, 15.01.2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Abdullah İSTEK (Danışman)

Üye : Prof. Dr. Saim ATEŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT

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

Doç. Dr. Selma ÇELİKAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Abdullah İSTEK danışmanlığında hazırlamış olduğum “ÜRE FORMALDEHİT TUTKALININ SODYUM-KARBOKSİMETİLSELÜLOZ İLE MODİFİKASYONUN YONGA LEVHALARIN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

15.01.2016

İsmail ÖZLÜSOYLU

ÖNSÖZ

“Üre Formaldehit Tutkalının Sodyum-Karboksimetilselüloz İle Modifikasyonun Yonga Levhaların Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi” isimli bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Öncelikle, tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Abdullah İSTEK’e içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tezde jüri üyesi olma nezaketini gösteren, tezin incelenerek hataların düzeltilmesinde değerli vakitlerini harcayan sayın hocalarım Prof. Dr. Saim ATEŞ ve Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT’a şükranlarımı sunarım.

Tutkal modifikasyonu ile ilgili analizlerde yardımlarını gördüğüm sayın hocalarım Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY, Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ, Doç. Dr. İlhan PEKGÖZLÜ ve arkadaşım Arş. Gör. Ahmet Can’a teşekkür ederim. Hammadde temininde yardımlarını esirgemeyen KASTAMONU ENTEGRE Sanayi ve Tic. A.Ş, Kastamonu Yonga Levha Fabrikası ve DENKİM Kimya A.Ş yetkililerine teşekkür ederim.

Hayatın her zorluğunu benimle paylaşıp bana her zaman destek olan ve ayrıca laboratuvar çalışmalarında bizzat yardımda bulunan eşim ve meslektaşım Şeyma ÖZLÜSOYLU’ya, tüm öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

İsmail ÖZLÜSOYLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜRE FORMALDEHİT TUTKALININ SODYUM-KARBOKSİMETİLSELÜLOZ İLE MODİFİKASYONUN YONGA LEVHALARIN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

İsmail ÖZLÜSOYLU

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah İSTEK

Bartın- 2015, sayfa: XXI + 159

Bu çalışmada, yonga levha üretiminde Na-CMC ile modifiye edilmiş üre formaldehit tutkalı (UF) kullanımının levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Çalışmada hammadde olarak %45 yapraklı, %55 iğne yapraklı odun yongaları kullanılmıştır. Na-CMC ile %5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 oranlarında modifiye edilen UF tutkalı kullanılarak deney levhaları üretilmiştir. UF tutkalı ile Na-CMC modifikasyonun etkisini belirlemek amacıyla FTIR analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrol grubu ile kıyaslandığında Na-CMC ilavesi yonga levhaların mekanik özelliklerinden iç yapışma direncini olumsuz yönde etkilemiştir. Na-CMC kullanımının artması ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. %10 Na-CMC içeren levhaların ortalama elastikiyet modülü değeri 2600,10 N/mm² ile kontrol grubu değeri olan 2438,20 N/mm² den yüksek çıkmıştır. Ayrıca Na-CMC kullanımının deney levhalarının su alma ve kalınlığına şişme miktarlarını olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Formaldehit emisyonu; FTIR; odun kompozit levhalar; sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC); üre formaldehit (UF); yonga levha.

Bilim Kodu

502.06.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EFFECT OF SODIUM CARBOXYMETHYLCELLULOSE MODIFICATION OF UREA FORMALDEHYDE RESIN ON SOME PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS

İsmail ÖZLÜSOYLU

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Prof. Abdullah İSTEK

Bartın-2015, pp: XXI + 159

In this study, particleboards are produced with sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC) modified urea formaldehyde resin (UF). The effect of the Na-CMC used in UF modification on the physical and mechanical properties of particleboards was analyzed. As a raw material, 55% softwood and 45% hardwood chips were used. UF/Na-CMC modified resin with the ratios of %5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 were used to manufacture test boards. FTIR analysis was conducted to determine the effect of NaCMC modification with UF resin. The results show that internal bond strength as one of the mechanical properties of particleboard was decreased by the addition of Na-CMC compared with control group. It was also determined that bending strength and the modulus of elasticity were decreased by increasing of the Na-CMC. It was also found that modulus of elasticity value at 10 % Na-CMC was 2600, 10 N/mm² being more than (6,6%) control board value of 2438,20 N/mm². Moreover, it was found that swelling and water absorption values of sample boards were affected negatively by using Na-CMC.

Key Words

Formaldehyde emission; FTIR; wood composite panels; sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC); urea formaldehyde (UF); particle board.

Science Code

502.06.01

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Çalışmanın amacı.....	13
1.3 Yonga Levha Endüstrisi.....	14
1.3.1 Yonga Levhanın Tanımı.....	14
1.3.2 Yonga Levhaların Sınıflandırılması	15
1.3.3 Yonga Levhaların TS EN 309'a Göre Sınıflandırılması.....	17
1.3.3 Yonga Levhaların Genel Özellikleri	19
1.3.4 Yonga Levhaların Kullanım Alanları.....	20
1.3.5 Yonga Levha Genel Durumu	23
1.3.5.1 Ülkemizde Yonga Levha Genel Durumu	23
1.3.5.2 Dünyada Yonga Levha Genel Durumu	26
1.3.6 Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	28
1.3.6.1 Odun Hammaddesi	29

	<u>Sayfa</u>
1.3.6.2 Diğer Lignoselülozik Hammaddeler	34
1.3.6.3 Bağlayıcı Maddeler (Tutkallar)	35
1.3.6.4 Katkı Maddeleri.....	44
1.3.7 Yonga Levha Üretim Teknolojisi.....	50
1.3.7.1 Odun Hammaddesinin Depolanması.....	52
1.3.7.2 Kabuk Soyma	53
1.3.7.3 Yongalama.....	55
1.3.7.4 Kurutma.....	60
1.3.7.5 Yongaların Sınıflandırılması (Eleme)	62
1.3.7.6 Yongaların Taşınması.....	64
1.3.7.7 Yongaların Depolanması.....	66
1.3.7.8 Yongaların Tutkallanması	68
1.3.7.9 Tutkal Hazırlanması ve Diğer Kimyasalların İlavesi	69
1.3.7.10 Levha Taslağının Oluşturulması (Serme).....	71
1.3.7.11 Presleme	74
1.3.7.12 Sıcak Presleme Sonrası İşlemler	78
1.3.7.13 Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırılması.....	79
1.3.7.14 Ahşap Esaslı Levhalarla İlgili Standartlar ve Test Metotları	79
1.4 Formaldehit	81
1.4.1 Formaldehit Emisyonu	81
1.4.1.1 Formaldehit Emisyonuna Etki Eden Faktörler	82
1.4.1.2 Formaldehit Emisyonu İle İlgili Standartlar ve Test Metotları	83
1.4.1.3 Formaldehit Emisyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	88
1.5 Selüloz ve Türevleri.....	90
1.5.1 Selüloz Eterleri.....	92
1.5.1.1 CMC Tarihçesi	93

	<u>Sayfa</u>
1.5.1.2 CMC Kimyasal Yapısı	93
1.5.1.3 CMC Kullanım Yerleri.....	94
BÖLÜM II MATERYAL VE YÖNTEM	96
2.1 Materyal	96
2.1.1 Odun Hammaddesi	96
2.1.2 Yapıştırıcı Madde	96
2.1.3 Sertleştirici Madde	96
2.1.4 Su İtici Katkı Maddesi.....	96
2.1.5 Sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC).....	97
2.2 Yöntem.....	97
2.2.1 Yongaların Hazırlanması.....	97
2.2.2 Yongaların Kurutulması.....	98
2.2.3 Na CMC Çözeltisi Hazırlanması.....	98
2.2.4 UF tutkalının Na-CMC ile Modifiye Edilmesi ve Yongaların Tutkallanması....	99
2.2.5 Levha Taslağının Oluşturulması (Serme) ve Ön Presleme	100
2.2.6 Sıcak Pres	101
2.2.7 Presleme Sonrası İşlemler	103
2.2.8 Zımparalama.....	103
2.2.9 Numaralandırma ve Boyutlandırma	104
2.3 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini	105
2.3.1 Fiziksel Özellikler	105
2.3.1.1 Rutubet	105
2.3.1.2 Yoğunluk	105
2.3.1.3 Su Alma ve Kalınlığa Şişme	106
2.3.2 Mekanik Özellikler.....	107

	<u>Sayfa</u>
2.3.2.1 Eğilme Direnci	107
2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	108
2.3.2.3 Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci.....	109
2.4 Formaldehit Emisyonu.....	110
2.5 Na-CMC İle Modifiye Edilmiş Üre Formaldehit (UF) Tutkalının Karakterizasyonu.	110
BÖLÜM III BULGULAR VE TARTIŞMA	112
3.1 Levhaların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular	112
3.1.1 Özgül Ağırlık.....	112
3.1.2 Rutubet	113
3.1.3 Su alma ve kalınlığına şişme oranı.....	114
3.1.3.1 Su alma oranı (2 saat).....	114
3.1.3.2 Su Alma Oranı (24 saat)	116
3.1.3.3 Su Alma Oranı (72 saat)	117
3.1.3.4 Kalınlığa Şişme Oranı (2 saat)	119
3.1.3.5 Kalınlığa Şişme Oranı (24 saat)	120
3.1.3.6 Kalınlığa Şişme Oranı (72 saat)	121
3.2 Levhaların Mekanik Özelliklerine İlişkin Bulgular	125
3.2.1 Yüzeye Dik Çekme Direnci	125
3.2.2 Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü.....	128
3.2.2.1 Eğilme Direnci	129
3.2.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	131
3.3 Levhaların Serbest Formaldehit Emisyonuna İlişkin Bulgular	135
3.4 Na-CMC ile Modifiye Edilmiş Üre Formaldehit (UF) Tutkalının Karakterizasyonuna İlişkin Bulgular.	136

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM IV SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	145
4.1 Sonuçlar	145
4.2 Öneriler	150
KAYNAKLAR.....	152

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. İç ortamlarda levha ürünlerinin mobilya ve parke amaçlı kullanımı.....	3
2. Farklı bağlayıcılar ve odundaki formaldehit salınımı.....	5
3. EN 120'ye göre son 50 yıldaki perforatör değeri değişimi	6
4. IPC bileşenleri arasında iyonik (A) ve hidrojen (B) bağlarının oluşumu.....	10
5. Ahşap esaslı ürünlerin özgül ağırlıklarına göre sınıflandırılması.....	15
6. OSB'nin bina yapımında kullanılması	21
7. Çeşitli werzalit ürünler	22
8. Yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanılan ağaçlardan bazıları.....	30
9. Odunun kimyasal bileşenleri	31
10. Selüloz molekülünün kimyasal yapısı	32
11. Selülozun bağ yapısı	32
12. Ligninin aromatik yapı birimleri	34
13. Monometilol üre oluşumu	37
14. Üre/formaldehit mol oranı	38
15. Üre/formaldehit mol oranına bağlı sertleşme süresi.....	39
16. Fenol formaldehit kondenzasyon reaksiyonu	40
17. Melamin ve formaldehitin kondenzasyonu	42
18. İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler.....	43
19. Parafin.....	45
20. Sertleştirici kimyasallar	47
21. Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi	47
22. Yatık yongalı levha üretiminde iş akışı.	51
23. Odun hammadde sahası	53
24. Döner tamburlu kabuk soyucu.....	54
25. Odundan ve diğer sanayi atıklarından elde edilen yongalar	56
26. Hombak typ HMT tamburlu yongalama makinesi	56
27. Normal yongalayıcı makro değirmen	57
28. Pallmann ince yongalayıcı mikro değirmen.	58
29. Büttner tamburlu kurutucu.	61
30. Yongaların sarsıntılı elekte elenmesi	63

Şekil	Sayfa
No	No
31. Yongaların Pallmann DYNASCREEN elekten elenmesi	63
32. Bazı taşıyıcı tipleri.....	65
33. Havalı (Pnömatik) taşıyıcı	66
34. Döner silo	67
35. Yongaların tutkallama hattına gönderilmesi ve tutkal dozajlama ünitesi.....	70
36. Diğer ilave kimyasalların dozajlanması ve parafin ilavesi.....	71
37. Siempelkamp serme taslağı oluşturma sistemi.....	72
38. Dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemi ile serme taslağı oluşturma prensipleri.....	73
39. Çok katlı sıcak pres	76
40. Sürekli pres	77
41. Yonga levhaların yıldız soğutucuda dinlendirilmesi	78
42. EN 120'ye göre son 50 yıldaki perforatör değeri değışimi	85
43. Selüloz molekülünün kimyasal yapısı	90
44. Selülozun eterleşme reaksiyonu.	92
45. Karboksimetil selüloz yapısı	94
46. Yongaların etüvde kurutulması	98
47. Yongaların tutkallanması ve tutkallanmış yongalar	100
48. Yongaların serilmesi ve levha taslağı	101
49. Levha taslağının pres plakaları arasına yerleştirilmesi ve preslenmesi.....	101
50. Üretilmiş levha grupları.....	103
51. Levhaların zımparalanması ve zımparalanmış levha yüzeyi.....	104
52. Deney levhalarının boyutlandırılması ve boyutlandırılmış levha grupları.....	104
53. Eğilme Elastikiyet deneyi.....	108
54. Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değeri.	127
55. Yonga levhaların ortalama eğilme direnci değeri.	131
56. Yonga levhaların ortalama elastikiyet modülü değeri.....	133
57. Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalına ait FTIR grafikleri	139
58. Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalı ve Na-CMC'ye ait FTIR grafikleri	140
59. Modifiye edilmemiş UF tutkalı ve Na-CMC'ye ait FTIR spektrumları.....	142
60. Modifiye edilmemiş ve farklı oranlarda Na-CMC ile modifiye edilmiş UF'ye ait FTIR spektrumları	144

Şekil	Sayfa
No	No
61. Levha gruplarının 2, 24 ve 72 saatlik ortalama su alma ve kalınlığına şişme değerleri	146
62. Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri	147
63. Levha gruplarının ortalama eğilme direnci değerleri	148
64. Levha gruplarının ortalama elastikiyet modülü değerleri.....	149
65. Levha gruplarının serbest formaldehit emisyonu değerleri.....	149

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1. Ahşap esaslı levha ürünlerinde kullanılan tutkal türlerinin karşılaştırılması	5
2. Türkiye’de yonga levha sektöründe faaliyet gösteren fabrikalar ve kapasiteleri	24
3. Yonga levha sanayisinin 1989-2013 yılları arasındaki kurulu kapasitesileri	25
4. 2010-2014 yılları arasında yonga levha üretim miktarları	27
5. Odunsu hücre çeperi kimyasal bileşiklerinin yaklaşık değeri	31
6. Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya’daki odun esaslı paneller için formaldehit emisyon standartları	86
7. Farklı emisyon ölçüm metotlarının karşılaştırılması	88
8. Çözünebilir selülozların son kullanım yerleri.	91
9. UF tutkalını modifiye etmek için kullanılan Na-CMC özellikleri.	97
10. Levha gruplarının üretim parametreleri	102
11. Levha grupları ve UF/Na-CMC kullanım oranları.	102
12. Levha gruplarının ortalama özgül ağırlık değerleri.	112
13. Levha gruplarının ortalama rutubet değerleri.	113
14. Levha gruplarının ortalama su alma ve kalınlığına şişme değerleri.	114
15. Levhaların 2 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.	115
16. Levhaların 2 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	115
17. Levhaların 24 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.	116
18. Levhaların 24 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	117
19. Levhaların 72 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.	117
20. Levhaların 72 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları	118
21. Levhaların 2 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları. ...	119
22. Levhaların 2 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	119
23. Levhaların 24 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları. .	120
24. Levhaların 24 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	121
25. Levhaların 72 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları. .	122
26. Levhaların 72 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	122
27. Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri.	125
28. Levhaların yüzeye dik çekme direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları	126
29. Levhaların yüzeye dik çekme direncine ilişkin Duncan testi sonuçları.	127

Tablo	Sayfa
No	No
30. Levha gruplarının ortalama eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri.....	128
31. Levhaların eğilme direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları.	129
32. Levhaların eğilme direncine ilişkin Duncan testi sonuçları.	130
33. Levhaların eğilmede elastikiyet modülü direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları.	131
34. Levhaların elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.	132
35. Levha gruplarının serbest formaldehit emisyon değerleri.....	135
36. Levha gruplarının pH ve viskozite ölçümlerine ilişkin bulgular.....	137

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$^{\circ}$:	Derece
$^{\circ}\text{C}$:	Santigrat derece
m μ	:	Mikrometre
pH	:	Asitlik bazlık derecesi
K	:	Potasyum
Mg	:	Magnezyum
NH ₄ Cl	:	Amonyum klorür
(NH ₄) ₂ SO ₄	:	Amonyum sülfat
HCl	:	Hidroklorik asit
H ₂ SO ₄	:	Sülfürik asit
NaOH	:	Soyum hidroksit
SiO ₂	:	Silisyum dioksit
β	:	Beta
α	:	Alfa
m ²	:	Metrekare
gr/cm ³	:	Gram/santimetreküp
kg/cm ²	:	Kilogram/santimetrekare
N/mm ²	:	Newton/milimetrekare
kp/cm ²	:	Kilopaskal/santimetrekare

KISALTMALAR

MDF	:	Orta yoğunluklu lif levha
HDF	:	Yüksek yoğunluklu lif levha
OSB	:	Yönlendirilmiş yonga levha
PSL	:	Paralel şerit kereste
LSL	:	Tabakalanmış şerit kereste
OSL	:	Yönlendirilmiş şerit kereste

LVL	:	Tabakalanmış kaplama kereste
GLULAM	:	Lamine edilmiş kereste
FTIR	:	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
MOE	:	Eğilmede elastikiyet modülü
MOR	:	Eğilme direnci
IB	:	İç yapışma direnci
TVOC	:	Toplam uçucu organik bileşik
VOC	:	Uçucu organik bileşik
PVAc	:	Polivinil asetat
PAE	:	Poli-amidoamin -epiklorhidrin
ECH	:	Epiklorhidrin
CARB	:	Kaliforniya hava kaynakları düzenleme kurulu
IPCs	:	İnterpolimerik kompleks film
UFO	:	Üre formaldehit oligomeri
IR	:	Kızıl ötesi spektrumu
MS	:	Modifiye nişasta
UFFR	:	Farklı oranlarda furfural içeren UF tutkalı
EPF	:	Avrupa panel federasyonu
TSE	:	Türk standartları enstitüsü
EN	:	Avrupa standardı
DP	:	Polimerleşme derecesi
UF	:	Üre formaldehit
EMDI	:	Emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı
MUF	:	Melamin üre formaldehit
FF	:	Fenol formaldehit
PMDI	:	Polimerik difenilmetan
Na-CMC	:	Sodyum karboksi metilselüloz
MCA	:	Mono klor asetik asit
SMCA	:	Sodyum mono klor asetat
ORMA	:	Orman mahsulleri entegre sanayi anonim şirketi
vd.	:	Ve diğerleri
cps	:	Centipoise
kg	:	Kilogram

lt	:	Litre
dk	:	Dakika
m	:	Metre
cm	:	Santimetre
FTIR	:	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
RH	:	Bağıl nem
Entg.	:	Entegre

BÖLÜM I

GİRİŞ

Yapacak ve yakacak amaçla kullanılabilen ağaç malzeme, geniş bir kullanım alanına sahip olup, insan hayatında önemli bir yer tutmaktadır. Gerek masif halde, gerekse masif odundan elde edilen farklı ürünler şeklinde değerlendirilen ağaç malzeme, sayısı binlerle ifade edilen kullanım alanına sahiptir.

Estetik açıdan fark yaratması ve yenilenebilir bir kaynak olması ile öne çıkan ağaç malzemenin, biyotik ve abiyotik faktörlere karşı dayanımının düşük olması ve yanmaya karşı olan eğilimi dezavantajları arasında olup, kullanım alanını sınırlandırmaktadır.

Günümüzde insan nüfusunun artmasına paralel olarak, yapı malzemelerine olan talepte artarak devam etmektedir. Azalan bir kaynak olan odun hammaddesinin artan fiyatı her geçen gün temin edilememe problemini de beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, katı atıkların geri dönüştürülmesinin problemlili oluşu lignoselülozik malzemelerin kullanımının önemini arttırmıştır. Bunlara bağlı olarak ilave kimyasal maddeler ve çeşitli bağlayıcılarla oluşturulan odun ve lignoselülozik maddelerden elde edilen odun kompozit levhaların kullanımı her geçen gün artmaktadır (Öztürk, 2003). Bu kompozit ürünlerin üretim süreçlerinin kontrol altında tutulabilmesi ve çeşitli katkı maddeleriyle istenilen özelliklerin kazandırılabilir olması, masif malzemede görülebilen kusurların ve kullanım sırasında ortaya çıkan sorunların giderilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Masif ağaç malzemeye alternatif olması düşüncesiyle geliştirilen ve genel olarak odun kompozit malzemeleri adını verdiğimiz ürünler içerisinde kaplama-kontrplak, yonga levha ve lif levha en fazla dikkat çeken ürünler olmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Yonga levha ve lif levha gibi ahşap esaslı levha ürünlerine kullanım yerinde istenilen özelliklerin kazandırılmasında kullanılan bağlayıcı tipi ve miktarının önemi oldukça fazladır. Günümüzde bu amaçla ağırlıklı olarak sentetik esaslı tutkallar olan formaldehit reçineleri özellikle de düşük maliyeti ve etkili kullanımından dolayı üre formaldehit (UF) reçinesi tercih edilmektedir. Yaygın olarak tercih edilmesini sağlayan avantajlarının yanında

UF reçinesinin sahip olduğu bazı olumsuzluklar da vardır. Bu olumsuzlukların en ciddi olanı bu bağlayıcı ile üretilen levha ürünlerinin üretim ve kullanım sırasında insan sağlığı açısından ciddi riskler ortaya çıkarabilen formaldehit emisyonuna sebep olmasıdır.

Bu alışmada UF tutkalının sodyum-karboksimetilselüloz (Na-CMC) ile modifikasyonun yonga levhaların bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılacaktır. Yapılan bir önceki çalışmada UF tutkalı, Na-CMC ile modifiye edilmiş ve elde edilen modifiyeli UF tutkalı ile üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir (Biçer, 2014). Çalışmamızda bu çalışmadan farklı olarak Na-CMC/UF modifikasyonun fiziksel ve mekanik özelliklere etkisinin yanında, formaldehit emisyonu üzerine olan etkisi de araştırılacaktır. Ayrıca Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalının fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) analizi yapılarak karakterizasyonu belirlenmeye çalışılacaktır.

1.1 Literatür zeti

Levha rnleri birçok kullanım yerinde mamul ve yarı mamul olarak kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde retilabilmektedir. Bu noktada levhaya istenilen fiziksel ve mekanik özellikleri kazandırmak, farklı yapılarla sahip tutkal kullanımı ile mümkün olmaktadır. Bu amaçla kullanılan en yaygın tutkal çeşidi ise fiyat performans açısından en iyi sonuçları veren üre formaldehit (UF) tutkalıdır (Park ve Causin, 2013).

UF tutkalı ekonomik olmasının yanı sıra yüksek reaktivitesi, düşük pres süresi ile yeterli sertleşmeye ulaşması, temiz tutkal hattı vermesi ve levhaya ekstra yanıcı özellik kazandırmaması gibi avantajlara sahiptir. Bu avantajlarına rağmen, UF tutkalının en büyük dezavantajı ortama yaydığı formaldehit emisyonudur (Hematabadi vd., 2012).

Formaldehit esaslı tutkallarla, özellikle de UF ile üretilen ve iç ortam koşullarında kullanılan levhalardan salınan formaldehit emisyonu hava kalitesini düşürüp, insan sağlığını ciddi şekilde tehdit edebilmektedir. şekil 1’de i ortamlarda levha ürünlerinin mobilya ve parke amaçlı kullanımı görülmektedir.



Şekil 1: İç ortamlarda levha ürünlerinin mobilya ve parke amaçlı kullanımı (URL- 1, 2015).

Formaldehit emisyonuna maruz kalındığında gözlerde ve solunum yollarında tahriş, öksürük, boğaz kuruluğu göğüste sıkışma, baş ağrısı ve kalp çarpıntısı gibi rahatsızlıklar görülebilir. 0,1-5 ppm arasında maruz kalındığında gözler, burun ve boğazda tahrişe neden olur. 10 ppm üzerinde ciddi gözyaşı burun ve boğazda yanma oluşur ve nefes alma zorlaşır. 25 ppm 'in üzerindeki konsantrasyonlara maruz kalındığında ölümcül akciğer ödemi dahil ciddi hastalıklara neden olabilir (Boran vd., 2011). % 37'lik formalinin 30-100 ml oral dozu insanlarda ölümcül olabilmektedir (URL-2, 2015).

Son yıllarda, formaldehit emisyonunu azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmış farklı yöntemler ortaya konmuştur. Bu çalışmalardan bazıları pres şartları ya da taslak rutubetini değiştirmek gibi levhanın üretim şartları üzerinde yapılan değişiklikleri kapsarken, daha önemli bir kısmı da doğrudan tutkal tipine ya da tutkaldaki serbest formaldehite yönelik yapılan çalışmalar olmuştur. Bu çalışmalar sonucunda çoğunlukla, levhanın direnç özelliklerini en azından standartlarda belirtilen minimum değerlerde tutacak şekilde ve ekonomik bir yöntemin ortaya konmadığı tespit edilmiştir. İnsan sağlığını tehdit eden bu durum karşısında pek çok ülkede formaldehit emisyonuna belli yasal sınırlandırmalar getirilmiştir. Bu durum insan sağlığının korunmasına belli miktarda katkı sağlasa da sınırlandırma kapsamındaki emisyon miktarlarının bile ciddi bir zarar potansiyeli bulunmaktadır. Odun esaslı levhaların formaldehit emisyonunu azaltma metotları olarak;

formaldehit oranını azaltmaya yönelik özel tutkal formülasyonları ve kondenzasyon teknikleri, UF tutkalına üre ilavesi ve kimyasal formaldehit tutucular kullanımı kadar, uygun tutkallama sonrası işlemler gibi konular da belli çalışmalar yapılmıştır (Roffael, 2006).

Sonuç olarak formaldehit emisyonundan kaynaklanan sorunların çözümü üzerine farklı çalışmalar yapılmış ve çözüm alternatifleri olarak;

- Ü/F mol oranı değiştirmek,
- Kimyasal tutucular (üre, kondenzasyon tanen, üre, amin, amonyak, melamin ve siyanoguanidin)
- Yeni tutkal formülasyonlarının geliştirilmesi,
- Alternatif tutkallama sistemlerinin (fenol formaldehit, izosiyanat) uygulamaya alınması,
- Biokütle ürünleri veya yan ürün esaslı tutkalların (soya, tanen, lignin) kullanımı,
- Nanoteknoloji ve plazma uygulamaları,
- Pres koşullarını (sıcaklık-basınç), taslak rutubet içeriğini değiştirmek, düşük molekül ağırlıklı UF kullanmak gibi öneriler üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Bu alternatif metotların hepsi belli bir oranda formaldehit emisyonunun azaltılmasına katkı sağlasa da dezavantajları da mevcuttur. Formaldehit içeriğini azaltmak için uygulanan yöntemlerinden biri olan kimyasal formaldehit tutucular, sisteme ilave edilecek kimyasallar için gerekli teçhizattan ötürü ek maliyet getirmektedir. Kimyasallar etkili olmasına rağmen fiyat dezavantajı vardır (Boran ve Usta, 2010). UF tutkalının formaldehit-üre (F/Ü) oranını değiştirmek ise fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Benzer şekilde diğer alternatif yöntemlerin de bazı olumsuz yönleri vardır.

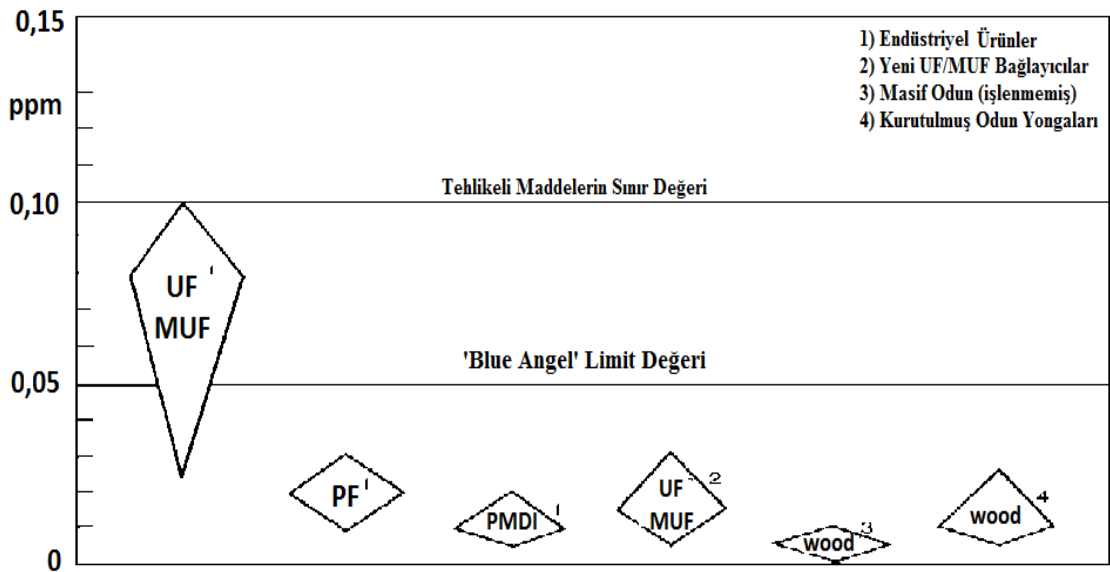
Ahşap esaslı levhalardaki formaldehit emisyonunu azaltılmaya yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle üre formaldehit tutkalına alternatif olarak farklı tutkal karışımları, alternatif doğal tutkallar, UF ye katılan kimyasal katkı maddeleri ya da formaldehit içermeyen diğer tutkal türleri denenmiş, bunların performansları da genellikle tek başına UF tutkalı ile kıyaslanmıştır. Bu noktada UF tutkalı referans madde konumunda değerlendirilmektedir. Buradaki en önemli etken UF tutkalının, Tablo 1’de de görüldüğü

gibi fiyat/performans açısından sahip olduğu avantajlar ve istenilen direnç özelliklerini verebilmesidir.

Tablo 1: Ahşap esaslı levha ürünlerinde kullanılan tutkal türlerinin karşılaştırılması (Smith, 2012; Tan, 2012'den).

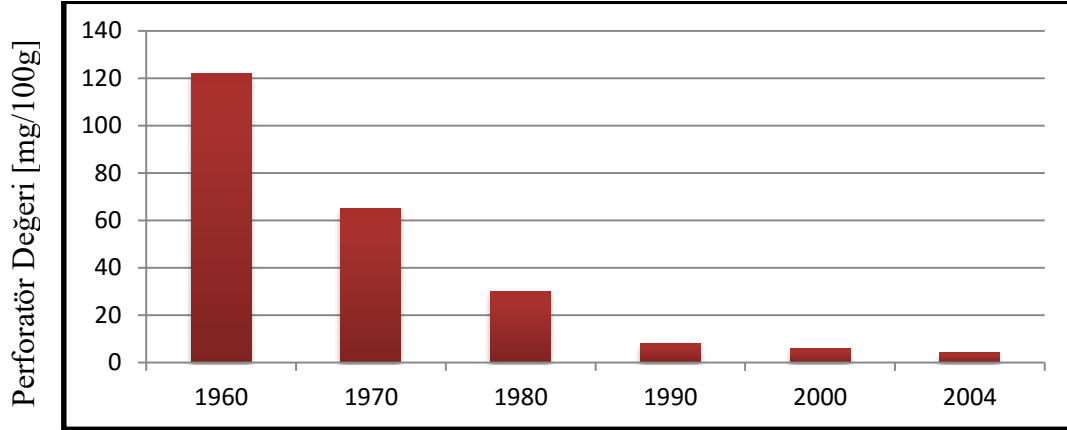
Kullanım Yeri	Tutkal Türü	Maliyet (TRY/kg)	Kullanım	Dayanım
İç ortam	Poli-vinil-asetat (PVA)	0,50	Parmak birleştirme	İç ortamlarda
	Üre Formaldehit (UF)	1,55	Yonga levha-MDF	İç ortamlarda
	Melamin Formaldehit (MF)	3,30	MDF- Yonga levha	Dış ortamlarda sınırlı
Yapısal	Fenol Formaldehit (FF)	1,75	LVL- OSB-MDF	Dış ortamlarda
	Metil-Difenol-Diizosiyanat (pMDI)	4,4	OSB - MDF	Dış ortamlarda

Şekil 2'de farklı bağlayıcılar ve odundaki formaldehit salınımı görülmektedir. Roffael (2006), odun esaslı levhalardaki emisyon konusunun başlıca üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalları kullanımı ile ilgili olduğunu, izosiyanat gibi diğer sentetik tutkallar ve tanen içerikli doğal bağlayıcılardaki formaldehit emisyonunun, ancak tek başına odundan kaynaklanan emisyon değerine yakın olabileceğini belirtmiştir.



Şekil 2: Farklı bağlayıcılar ve odundaki formaldehit salınımı (Roffael, 2006).

Formaldehit emisyonunun insanlar üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı, odun esaslı levhalardan formaldehit salınımı konusu dikkat çekici hale gelmiştir. Bunun sonucunda levhalardan yayılan emisyon değerleri 1970'ten, 2005'e kadar olan dönemde muazzam bir azalma göstermiştir.



Şekil 3: EN 120'ye göre son 50 yıldaki perforatör değeri değişimi (Roffael, 2006).

Şekil 3'te 1960 ile 2004 yılları arasında EN 120 'ye göre perforatör değerindeki değişim görülmektedir. Son 50 yılda odun esaslı levhalardaki emisyon değeri 120mg/100g'dan, 5mg/100g'ın altındaki değerlere kadar düşmüştür. Yakın gelecekte bu değerlerin daha da azalması beklenmektedir (Roffael, 2006).

Hematabadi vd. (2012) odun esaslı kompozitlerin iç ortamlarda neden olduğu formaldehit emisyonunu, üre formaldehit tutkalına (UF) üre ilavesiyle azaltmaya çalışmış, ayrıca bu üre ilavesinin fiziksel ve mekanik direnç özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Üre ilavesi UF de serbest formaldehitin reaksiyonunu arttırmış bunun sonucunda daha iyi yapışma özellikleri gerçekleşmiş, sonuç olarak üre ilavesi formaldehit emisyonunu, kalınlığına şişme miktarını ve su absorpsiyonunu azaltırken, eğilme direnci, elastikiyet modülü, iç yapışma ve şok direncini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ancak ilave edilen üre oranı çok fazla olursa, daha fazla formaldehit bağlayacağı için levha ile tutkal arasındaki bağlanmanın olumsuz etkileneceği belirtilmiştir. Bu durumda da direnç özellikleri azalacaktır. Bunun göstergesi olarak en az formaldehit emisyonu değeri %15 konsantrasyonlu üre ilavesinde gerçekleşirken, en iyi bağlanma direnci değeri %10 üre konsantrasyonunda görülmüştür.

Bir başka çalışmada Kim (2009), odun esaslı döşemelerden yayılan formaldehit ve toplam uçucu organik bileşikler (TVOC) emisyonlarını azaltmak için doğal tanen kullanarak çevre

dostu bir tutkal elde etmeye çalışmıştır. Bu amaçla, doğal akasya tanen tutkalı, kontrplak ve kaplamalar arasındaki uçucu organik bileşikler (VOC) ve formaldehit emisyonunu azalttığından dolayı formaldehit bazlı tutkal sisteminde UF tutkalı yerine kullanılmıştır. Ayrıca polivinil asetat (PVAc) yüzey bağlanması ve tanen tutkalının viskozitesini artırması için doğal tanen tutkalına eklenmiştir. Tanen/PVAc karma tutkalı yüksek odun penetrasyon sayesinde, ticari doğal tanene göre daha iyi bağlanma göstermiştir. Formaldehit emisyonu standartlardaki değerlere uygun çıksa da PVAc ilavesi VOC emisyonunu az miktarda arttırmıştır.

Jang vd. (2011) soya unu ve sertleştirici içeren formaldehidsiz tutkalı iç ortamda kullanılacak kontrplak yapımı için geliştirmiş ve üç farklı kontrplak panelini farklı ağaç türleri ile üretilen suya karşı dirençlerini değerlendirmiştir. Buradaki amaç günümüzde levha üretiminde sıklıkla kullanılan ve petrole bağımlılığı olan formaldehit içerikli tutkalların kullanım oranını azaltıp, sürdürülebilirliği arttırmak ayrıca insan sağlığını tehdit eden formaldehit emisyonunu ortadan kaldırmaktır. Çalışmada, soya bazlı tutkalın en pahalı bileşeni olan ve çoğunlukla soya unu ve az miktarda sertleştirici içeren polyamidoamine-epichlorohydrin (PAE) tutkalına alternatif olarak epichlorohydrin (ECH) ve amonyum hidroksit kullanılarak yeni bir sertleştirici geliştirilip PAE'nın yerine değerlendirilmiştir. Yine bu çalışma da Kaliforniya hava kaynakları düzenleme kurulunun (CARB) odun kökenli ürünlerin satılmasından ve kullanılmasından ortaya çıkan formaldehit emisyonuna Nisan 2007'de sınırlama getirdiği, Temmuz 2010'da da formaldehit emisyon sınırına ulusal düzenleme getirilip, kompozit odun ürünleri için formaldehit standartları yasasının imzalandığı vurgulanmıştır. Bu durum sonucunda da yenilenebilir materyallerden formaldehidsiz tutkalların gelişimine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Wang vd. (2007) yaptıkları çalışmada iç ortam koşullarında kullanılmak üzere metil-difenol-diizosiyanat (PMDI) ve fenol formaldehit (PF) tutkallarını kullanarak geri kazanılmış atık odun yongalarından düşük formaldehit emisyonlu yonga levha üretilip, PMDI/PF oranının formaldehit emisyonu ve mekanik özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuçlar PMDI/PF oranı artışı ile formaldehit emisyonu salınımının doğrusal olarak azaldığını göstermiştir. PMDI/PF oranı 50:50 olan örnekler E0 standardını karşılarken (0,49 mg/L), PMDI/PF oranı 70:30 olan örneklerde ise 0,3mg/L'den az emisyon salınımı gerçekleşmiştir.

Formaldehit ve uçucu organik bileşikler (VOC) emisyonlarının azaltılmasına yönelik bir diğer çalışma da He vd. (2012) formaldehit esaslı farklı tutkal türleri ve içeriklerinde üretilen MDF'lerin formaldehit ve VOC emisyon değerlerini üretimin değişik aşamalarında ve üretim sonrasında belirleyip, karşılaştırmış ve bu emisyonların önemini ortaya koymaya çalışmıştır. Tutkaldaki formaldehit içeriği ve formaldehit emisyonu arasındaki ilişkinin araştırılması ve üretim süreçleri boyunca formaldehit ve VOC emisyonlarının nasıl kontrol edilebileceği üzerine bazı öneriler sunan bu çalışma sonucunda;

- Formaldehit emisyonunun, ahşap esaslı levhalarda öncelikli olarak üretilen formaldehit (UF) tutkalından kaynaklandığı ve odun esaslı levhalardan salınan formaldehit emisyon oranı ve tutkaldaki formaldehit içeriği arasında doğrusal bir ilişkinin var olduğu anlaşılmıştır.
- Sıcak pres ve kurutma tekniklerinin odun esaslı levhalardan salınan formaldehit ve VOC emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Boran vd. (2012) MDF levhalarda formaldehit tutucu kimyasal olarak tanenin etkinliğini araştırdığı çalışmalarında odun esaslı levhalardaki formaldehit salınımının nem, hava değişimi ve sıcaklık gibi dış faktörler ve hammadde türü, reçine tipi ve üretim koşulları gibi iç faktörler tarafından etkilendiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda tanen ekstraktı içeren üretilen formaldehit (UF) tutkalı ile üretilen orta yoğunluklu lif levhalardaki (MDF) serbest formaldehit değerinin, kontrol MDF'leri ile karşılaştırıldığında azalma gösterdiği sonucuna varılmıştır. Artan tanen çözeltisi konsantrasyonu ile birlikte, tüm MDF'lerin serbest formaldehit değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. İlave olarak, artan tanen çözeltisi konsantrasyonu ile eğilme direnci (MOR), elastikiyet modülü direnci (MOE) ve iç yapışma direnci (IB) değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Kalınlığına şişme ve su alma değerleri kontrol MDF'leri arasındaki fark oldukça düşüktür. %15 UF oranı ve %1 tanen çözeltisinde, %27,89'lük serbest formaldehit azalması gerçekleşmiştir. MDF'lerin IB değeri %12,04, MOR değeri %27,80 ve MOE değeri %18,05 azalmıştır. En az formaldehit içeriği %15 UF oranı ve %1 tanen çözeltisinde görülmüştür.

Mevcut durum incelendiğinde ahşap esaslı kompozit ürünlerin değişik kullanım yerlerinde farklı amaçlarla kullanılabilirdiği ve bu ürünlerin kullanım yerlerindeki performansı üzerinde de büyük oranda kullanılan tutkal türünün ve miktarının etkili olduğu görülmektedir. Üre

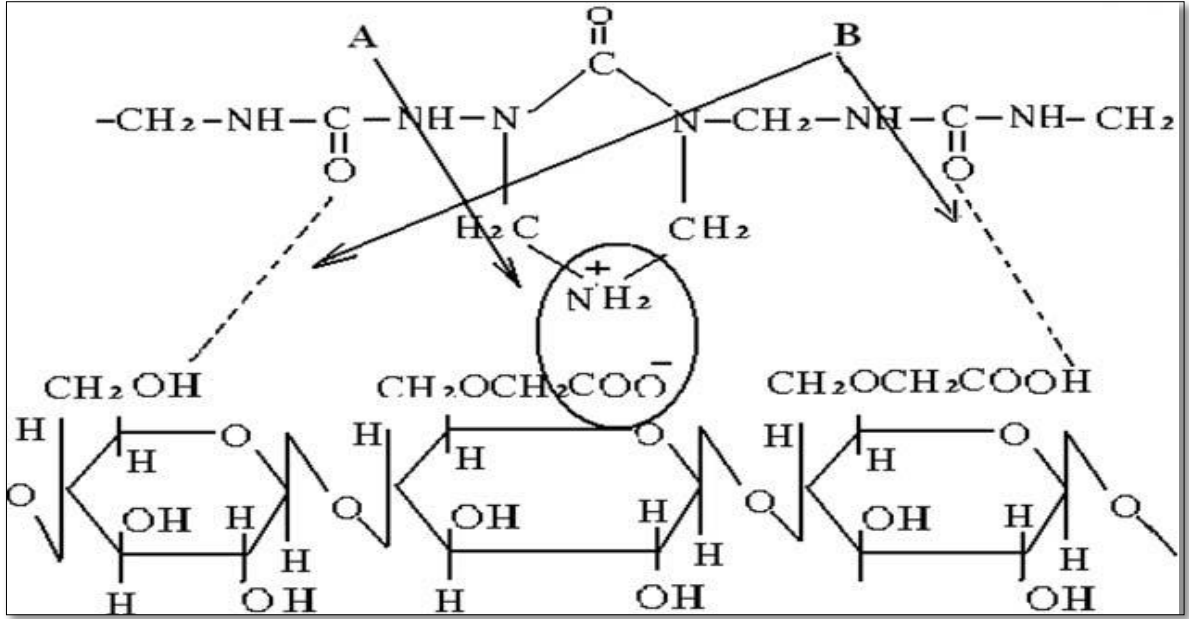
formaldehit tutkalı, özellikle yonga levha ve MDF üretiminde sahip olduğu bazı avantajlar sebebiyle en fazla kullanılan tutkal türüdür. Bu tutkalla üretilen levhaların kullanım yerlerinde zararlı formaldehit emisyonlarına sebep olması ise en büyük dezavantajdır.

Ahşap esaslı malzemelerden yayılan bu formaldehit emisyonu özellikle iç ortamlarda hava kalitesini düşürmekte ve insan sağlığı üzerinde kansere kadar varabilen ciddi hastalıklara neden olabilmektedir. Bu durumla ilgili birçok ülke de yasal sınırlamalar getirilip emisyonun belli sınırlar arasında tutulmasına çalışılmaktadır. Ancak üreticiler açısından bakıldığında emisyonu azaltılmış levha üretmek özellikle ekonomik anlamda sıkıntı yaratmakta, maliyetleri arttırabilmektedir.

Formaldehit emisyonun günümüzdeki sınır değerlerinin, gelecekte daha da azalma eğiliminde olduğu düşünülürse, bu konuyla ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulduğu aşikardır. Geçmişte bu konuyla ilgili çalışmaların genel olarak ortak sonuçları değerlendirildiğinde formaldehit emisyonunu azaltan çalışmaların bir kısmında direnç özellikleri düşmüş, diğerlerinde ise yöntem ekonomiklik ve sürdürülebilirlikten uzak kalmıştır, bazılarında ise uygulamada ya da sonrasında farklı sorunlarla karşılaşmıştır.

Ahşap esaslı ürünlerden salınan formaldehit emisyonunu azaltmak ve kullanılan tutkalların direncini arttırmak böylece elde edilen ürünlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmeye yönelik birçok tutkal modifikasyonu çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaların bazılarında modifikasyon amacıyla kullanılan materyal karboksimetilselüloz (CMC) ve türevleri olmuştur.

Inogamov vd. (2011) farklı yapılarıdaki üre formaldehit oligomerlerinin (UFO) ile sodyum-karboksimetilselüloz (Na-CMC) bazlı interpolimerik kompleks filmlerin (IPCs) fiziksel ve mekanik özellikleri ile yapısını incelemişlerdir. Çalışmada Na-CMC ve UFO'nun sulu çözeltilerinin asidik ortamda karıştırılmasıyla UFO'nun triazinon fragmentlerinin amino grupları ve Na-CMC'nin karboksilat anyonları arasındaki iyonik bağlar tarafından IPCs'in stabilize olduğunu ve UFO'nun karbonil grupları ve Na-CMC'nin hidroksil grupları arasında hidrojen bağları oluştuğunu belirtmiştir. IPC bileşenleri arasında iyonik ve hidrojen bağlarının oluşumu Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4: IPC bileşenleri arasında iyonik (A) ve hidrojen (B) bağlarının oluşumu.

Na-CMC'nin polykompleks jellerinin reolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada Na-CMC ve üre formaldehit oligomerlerinin farklı oranlardaki karışımları ile hazırlanan kompleks ve poly-kompleks jellerin karakterizasyonu yapılmıştır. Na-CMC'nin üre formaldehit oligomerleri (UFO) ile karıştırıldığında elektrostatik etkileşim sayesinde polykompleks jel haline geldiği kızıl ötesi (IR) spektrumu ile ortaya konmuştur. Na-CMC ve UFO'nun sulu çözeltilerinin karışımı Na-CMC'nin karboksi grupları ve UFO'nun amino grupları arasındaki iyonik bağlar tarafından stabilize edilmiş polikompleks jel ürünler verdiği belirtilmiştir. Ayrıca Na-CMC'nin sulu çözeltisinin tiksotropik bir sistem olduğu, UFO'nun Na-CMC çözeltisi içerisine katılmasının tiksotropik etkinin bozulmasına yol açtığı sonucuna varılmıştır. Polikompleks jellerin sulu çözeltileri Na-CMC ile karşılaştırıldığında, polimer-oligomer kompleksindeki zayıflayan moleküller arası etkileşimlerden dolayı oldukça düşük yapısal stabilite gösterdiği kanıtlanmıştır (Inagamov vd., 2008).

Sodyum silikatın yapışma özellikleri üzerine karboksimetilselüloz (CMC) etkisinin incelendiği çalışmada CMC belli oranlarda (%2,5-15) sodyum silikat içerisine ilave edilmiş, oluşan bağlayıcının yapışma direnci ve suya karşı direnç gibi özellikleri araştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğine ilk önce artan CMC oranıyla arttığı görülen yapışma direnci ve suya karşı direncin daha sonra azaldığı görülmektedir. Yapışma direncinde en yüksek, 24 saatlik su absorpsiyonunda en düşük değerleri veren %7,5 CMC ilavesi optimum kullanım oranı olarak belirlenmiştir (Zhang vd., 2012).

Karboksümetilselüloz (CMC) ile modifiye edilen üre formaldehit (UF) parafin mikro kapsüllerin performanslarının incelendiği çalışmada in situ polimerizasyon ile iki aşamalı bir işlemde CMC-UF parafin mikro kapsüller hazırlanmıştır. Çalışmada modifiye edici olarak kullanılan CMC'nin hidroksil gruplarından dolayı reaksiyonda yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca CMC'nin kristal yapısının UF duvar materyallerinin kompaktlığını arttırdığı ve CMC-UF parafin kapsülün iyi termal özellikler ve entalpi gösterdiği belirtilmiştir (Huang vd., 2015).

Farklı miktarlarda nano SiO₂ içeren UF tutkalının karakterizasyonu ve termal analizinin yapıldığı çalışmada nano SiO₂ ilaveli UF tutkalı ile ahşap paneller üretilmiştir. Artan nano SiO₂ konsantrasyonu ile iç yapışma ve kopma dayanımı gibi mekanik özelliklerin arttığı sonucuna varılmıştır (Roumelia vd., 2012)

CMC ilavesinin nişasta esaslı odun tutkalının özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada CMC'nin çözelti içerisine dengesiz dağılmasından dolayı viskozitenin arttığı, bu durumun da kontrplak üretiminde sorunlara yol açabileceği bildirilmiştir. Islak ve kuru yapışma direnci değerleri incelendiğinde belli bir değere kadar artan (0'dan %0,375) değerler, %0,375'den sonra azalmaya başlamıştır. CMC ilavesiyle saf nişastanın başlangıç viskozitesi ve katı madde içeriğinde artış olmuştur. CMC sayesinde tutkal viskozitesi artmış bileşenler arasında etkileşim artırılmış ve sertleşme sıcaklığı azalmıştır (Qiao vd., 2014).

Asit prosesi ile modifiye edilmiş nişasta kullanımının formaldehit emisyonu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada farklı tipteki üre formaldehit (UF) tutkallarına, farklı miktar ve metotlarla modifiye edilmiş nişasta katılmıştır. Karboksil ile metilol üre arasındaki reaksiyondan dolayı modifiye nişastanın UF içine katılmasının formaldehit emisyonunu azalttığı belirtilmiştir. Modifiye nişastanın dimetilol üre veya formaldehit ile çok az reaksiyona girdiği metotda formaldehit emisyonu yüksek çıkmıştır. Ayrıca modifiye nişasta (MS) kullanımı %20'yi geçtiğinde formaldehit emisyonun arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun fazla MS kullanımı sonucu, MS'nin üre ile reaksiyona girmesi ve formaldehitin üre ile reaksiyonu engellenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Zhu vd., 2014).

Younesi vd. (2015) çalışmalarında gloksallanmış soda şeker kamışı küspesi ligninin üre formaldehit tutkalının formaldehit emisyonunun azaltılması ve suya karşı direncin artırılması üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla %10, 15 ve 20 oranlarında modifiye edilmemiş

lignin ve gloksallanmış lignin pH 7'ye ayarlanarak UF tutkalının sentezi sırasında ikinci üre yerine katılmıştır. Bu bağlayıcı ile üretilen kontrplak panellerin su absorpsiyonu, makaslama direnci ve formaldehit emisyonları yanı sıra tutkal özellikleri de araştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde elde edilen tutkalla üretilen kontrplakların mekanik özellikleri, su absorpsiyonu ve formaldehit emisyonu değerlerinin ticari UF ile karşılaştırıldığında standartları karşılayacak düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) sonuçlarına göre üre kısmen lignin ya da gloksal lignin ile yer değiştirdiğinde metilen bağlantılarında lignin ilave edilen kısımlarındaki C-N bağında azalma olduğu görülmüştür. Modifiye edilmemiş UF tutkalının su absorpsiyon değeri lignin modifiyeli UF tutkalına göre yüksek çıkmıştır. Çalışmada belirtildiğine göre saf UF tutkalının suya karşı direncinin düşük olmasının iki temel sebebi olduğu düşünülmektedir. Bunlar; tutkalın gevrek yapısının tutkal sertleştikten sonra çatlaklara sebep olması ve rutubetin bağlanmış ürün içerisine nüfuzuna izin vermesi ve sertleşen termoset yapının içerisindeki amid-metilen köprülerinde kimyasal hidroliz olması olarak açıklanmaktadır.

Yapılan diğer bir çalışmada şeker kamışı küspesi gibi tarımsal atıklardan elde edilen kompozitlerin üretimi için formaldehit içermeyen karboksimetilselüloz (CMC) bazlı yeni bir tutkal elde edilmiştir. Çeşitli faktörler ve analizler ile karakterize edilen bu tutkal ile üretilen kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Yeni tutkal ile üretilen kompozitler, ticari tutkalla üretilenlere göre mekanik özellikler ile birlikte yanmayı geciktirmede de daha üstün özellikler göstermiştir. Yeni tutkal sisteminin bileşenleri ile üretilen kompozitler incelendiğinde CMC'nin tek başına bağlayıcı olarak etkisiz olduğunu ortaya koymuştur. Ancak CMC bakır ve bakır sülfat gibi maddelerle birlikte kullanıldığında su alma, kalınlığına şime ve mekanik özelliklerden eğilme direncinde gelişme görülmüştür. Yeni tutkal sistemi ve ticari tutkallarla üretilen levhalar karşılaştırıldığında, en iyi iç yapışma ve eğilme direnci değerleri, yeni tutkal sistemi ile üretilen levhalarda görülürken, alkali fenol formaldehit tutkalı suya karşı direnç değerlerinde en iyi sonucu vermiştir. Bu durum hidrojen bağlarına ilaveten yeni tutkal sisteminde Cu(II) iyonları ve şeker kamışı küspesi lifleri arasında güçlü bağların oluşmuş olması ile açıklanmıştır. Ticari tutkallarla üretilen kompozitlerle kıyaslandığında kenetlenen bu bağlar porozite ve boşlukların artmasına öncülük etmiş böylece nüfuz ve kapiler sudan dolayı absorpsiyon artmıştır. Şeker kamışı küspesi ve yeni bir bağlayıcı olarak CMC/Cu sülfattan üretilen yonga levha kompozitlerin üre formaldehit ve fenol formaldehit ile üretilen kompozitlere alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca yeni tutkal sisteminin formaldehit ile ilgili çevre sorunlarının azalmasını

sağlayacağı ve başka bir ilave ajana gerek olmadan bakterilere karşı direnç, yeterli yangın geciktirici etki ve üstün mekanik-fiziksel özellikler gösterdiği belirtilmiştir (Basta vd. 2004).

Diğer bir çalışmada biokütle materyallerinden elde edilen ve organik bir bileşik olan furfural üre formaldehit tutkalı sentezinde kısmen formaldehitin yerine kullanılmıştır. Bu sayede farklı oranlarda furfural içeren UF tutkalı (UFFR) sentezlenmiştir. Furfuralın formaldehite oranının UFFR tutkalının performansı üzerine etkisi araştırılmıştır. UFFR tutkalı ile üretilen kontrplakların bağ direnci ve formaldehit emisyonları ölçülmüştür. Sonuçlar furfural ile formaldehitin yer değiştirmesinin formaldehit içeriğini etkili şekilde azalttığını göstermektedir (Zhang vd., 2014).

Mao vd. (2013) çalışmalarında düşük mol oranına sahip UF tutkalında metilen eter gruplarının ahşap kompozit levhalarda formaldehit emisyonu potansiyeline etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar metil eter gruplarının oluşumunun artması formaldehit emisyonu potansiyelinin artmasına sebep olduğunu göstermektedir. Uzatılmış asidik reaksiyon içeren üre formaldehit (UF) ve üre melamin formaldehit (UMF) tutkallarının F/U mol oranı 2,60 olacak şekilde sentezlenmesi metilen-eter grupların içeriğinin artmasıyla sonuçlanmıştır. Elde edilen tutkallarla üretilen yonga levhaların fiziksel özellikleri arasında küçük farklılıklar olsa da, formaldehit içeriğinde önemli oranda artış vardır. Bu durum metilen eter gruplarının sıcak pres süresince serbest formaldehite neden olacak şekilde parçalanmasıyla gerçekleşmiştir. UMF tutkalı Avrupa standartlarına göre E1 sınıfında iken, UF tutkalı E2 sınıfında yer almıştır. Bu durum melaminin yüksek fonksiyonelliğinin yanında metilen grupları ile arasında güçlü bir bağ direnci olmasıyla açıklanmıştır. Sonuç olarak UF ve UMF tutkallarında yüksek metilen eter içeriğinin yonga levhalardaki serbest formaldehitin temel sebebi olduğu belirtilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Yonga levha ve lif levha, kompozit levha ürünleri içerisinde önemli bir yere sahip olup, özellikle yonga levha dünyada en çok üretilen ahşap esaslı kompozit malzemelerden biridir. Bu malzemelerin sahip olduğu fiziksel ve mekanik direnç özelliklerini belirleyen en önemli etkenler üretimlerinde kullanılan tutkal miktarı ve türüdür.

Günümüzde, levha üretiminde en fazla kullanılan tutkal üre formaldehit tutkalıdır. Üre formaldehit (UF) tutkalının ekonomik ve yeterli direnç özelliklerine sahip olmasının yanında en büyük dezavantajı bu tutkal ile üretilen levhaların ortama yaydığı formaldehit emisyonudur. Formaldehit esaslı tutkallarla, özellikle de UF ile üretilen ve iç ortam koşullarında kullanılan levhalardan salınan formaldehit emisyonu ortamdaki hava kalitesini düşürüp, insan sağlığını ciddi şekilde tehdit edebilmektedir. Bu nedenle UF tutkalı kullanımında formaldehit emisyonuna dikkat edilmektedir. Formaldehit emisyonunun insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak amacıyla birçok ülkede levhalardan salınan formaldehit emisyonu belli sınırlarda tutulmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle levha üretiminde uyulması gereken emisyon sınırları vardır. Son yıllarda levhalardan salınan formaldehit emisyonunu azaltmaya yönelik birçok farklı çalışma yapılmaktadır. Fakat bu çalışmalar incelendiğinde henüz istenilen emisyon değerlerini sağlayan ekonomik bir yöntem geliştirilememiştir.

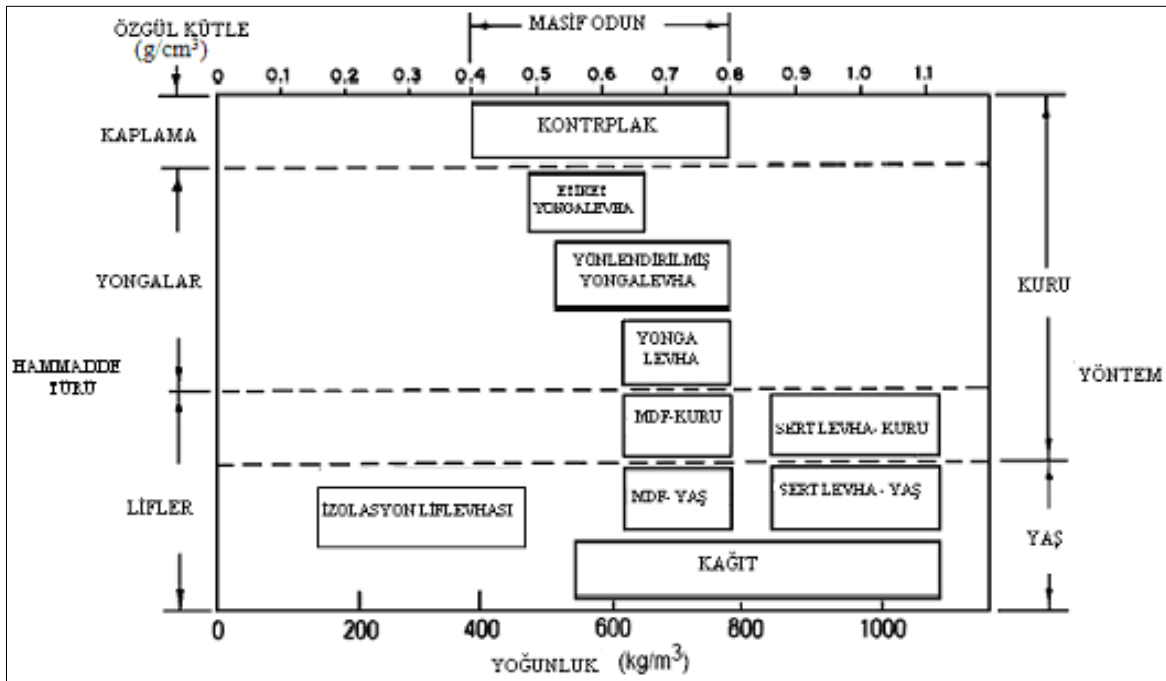
Yapılan ön çalışmalar sonucunda yonga levha üretiminde sodyum-karboksimetilselüloz (Na-CMC) kullanılabilmesi ve formaldehit emisyonunu azaltılabileceği kanaatine varılmıştır. Çalışmada UF tutkalının Na-CMC ile modifikasyonun yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyonuna etkisi belirlenecektir. Maliyetinin düşük olması, insan ve çevre sağlığı açısından olumsuz bir etkisi olmaması, üretiminin kolay olması ve bağlayıcı özelliği bulunması nedenlerinden dolayı sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC) farklı oranlarda UF tutkalı ile modifiye edilerek yonga levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılacaktır. Elde edilecek levhaların formaldehit emisyon değerleri ile birlikte fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenecektir. Bununla beraber yonga levha üretiminde, formaldehit emisyonunun azaltılmasında Na-CMC'nin hangi oranlarda kullanılabilmesi belirlenecektir. Çalışmanın olumlu sonuçları neticesinde UF tutkalının kullanım oranları azalacağından daha ekonomik ve düşük emisyonlu yonga levha üretimi mümkün olacak, bu yolla levhalardan salınan formaldehit emisyonunun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilecektir. Aynı zamanda bu çalışma benzer çalışmalara altlık oluşturabilecek ve literatüre katkı sağlayacaktır.

1.3 Yonga Levha Endüstrisi

1.3.1 Yonga Levhanın Tanımı

Yonga levha, odun ve odunlaşmış bitkilerden üretilen belirli özelliklerdeki yongaların çeşitli yapıştırıcı maddeler ile tutkalanması ve bunların basınç ve sıcaklık etkisinde yapıştırılmasıyla üretilen bir malzemedir (Özen, 1980).

TS EN 309 (1999)' a göre yonga levha; odun parçalarından (odun parçaları, testere talaşı, rende talaşı vb.) ve/veya lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb. odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkalandıktan sonra sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalardır. Şekil 5'te hammadde türü ve özgül ağırlıklarına göre masif odun, ahşap esaslı kompozitler ve kağıdın sınıflandırılması yer almaktadır.



Şekil 5: Ahşap esaslı ürünlerin özgül ağırlıklarına göre sınıflandırılması (Suchsland ve Woodson, 1987).

1.3.2 Yonga Levhaların Sınıflandırılması

Göker (2000), yonga levhaları üretim sistemlerine ve değişik parametrelere göre aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır;

- **Kullanılan Hammadde Türüne Göre Yonga Levhalar**
 - Odun yongaları kullanılarak üretilen levhalar

- Bitkisel artıklar kullanılarak üretilen levhalar
- Tetrapak kutuları kullanılarak üretilen levhalar
- **Levhanın Emprenye Edilmesine Göre Yonga Levhalar**
 - Emprenye edilmiş levhalar
 - Emprenye edilmemiş levhalar
- **Özgül Ağırlıkları Bakımından Yonga Levhalar**
 - Düşük özgül ağırlıktaki (Hafif) yonga levhalar 0,59 gr/cm³' ten daha düşük olanlar.
 - Orta derecedeki özgül ağırlıktaki yonga levhalar 0,59-0,80 gr/cm³ olanlar.
 - Yüksek (Ağır) özgül ağırlıktaki yonga levhalar 0,80 gr/cm³ den yukarı olanlar.
- **Presleme Yöntemlerine Göre Yonga Levhalar**
 - Yatay yongalı levhalar: Bu tür yonga levhalarda yongalar genellikle levha yüzeyine paraleldir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.
 - Dik yongalı levhalar (Okal): Bu tür yonga levhalarda ise presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongalar ise levha yüzeyine dik olarak yer almaktadır.
- **Tabaka Sayılarına Göre Yonga Levhalar**
 - Tek tabakalı (Homojen) yonga levhalar
 - Üç tabakalı yonga levhalar.
 - Beş tabakalı yonga levhalar
 - Tabakaları belirsiz yonga levhalar
- **Yonga Büyüklüğü ve Geometrisine Göre Yonga Levhalar**
 - Normal Yonga Levhalar (Particleboard): Yonga kalınlıkları 0,25-0,40 mm, genişlikleri 2-6 mm ve uzunlukları 10-25 mm. kadar olan yongalardan üretilen levhalardır.

- Etiket Yongalı Levhalar (Waferboard): Yonga kalınlıkları 0,5-0,7 mm, genişlikleri 25- 40 mm. ve uzunlukları 35-75 mm. kadar olan yongalardan üretilen yonga levhalardır. Bunlar ülkemizde ve Avrupa’da üretilmemekle birlikte Kuzey Amerika’da önemli bir yapı malzemesi olarak üretilmektedir.
 - Şerit Yongalı Levha (Flakeboard): Yonga kalınlığı 0,5-,07 mm, uzunluğu 35-75 mm. (etiket yongalı levha ile aynı), ancak genişliği 9-10 mm. kadar olan yongalara sahip levhadır.
 - Yönlendirilmiş Yongalı Levha (Oriented Structural Board – OSB): Yonga kalınlıkları 0,4 0,8 mm, genişlikleri 6-25 mm ve uzunlukları 38-63 mm kadardır.
- **Üretimde Kullanılan Bağlayıcı Türüne Göre Yonga Levhalar**
 - Sentetik reçine kullanılarak üretilenler (üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit ve izosiyanat tutkalı gibi),
 - Anorganik bağlayıcı kullanılarak üretilenler. (çimento ve alçı)
 - **Üretimde Kullanılan Metoda Göre Yonga Levhalar (Kalıplaşmış Yonga levhalar)**
 - Thermodyn yöntemi ile üretilenler
 - Collipres yöntemi ile üretilenler
 - Werzalit yöntemi ile üretilenler.
 - **Kaplanmış Yonga Levhalar**
 - Sıvı yüzey Kaplama malzemeleri ile kaplanmış olanlar.
 - Katı Yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış olanlar, Ahşap kaplama levhası ile kaplanmış yonga levhalar: Her iki yüzü ahşap kaplama levhası ile kaplanmış orta yoğunluktaki yatık yongalı levhalardır.

1.3.3 Yonga Levhaların TS EN 309’a Göre Sınıflandırılması

- **Üretim İşlemlerine Göre;**
 - Yatık preslenmiş,
 - Dik preslenmiş,

- Kalıplanmış (Şekillendirilmiş),
- Deliksiz
- Delikli

- **Yüzey Durumlarına Göre;**
 - Preslenmiş (zımparalanmamış),
 - Zımparalanmış veya planyalanmış,
 - Kaplanmış (sıvı kaplama, örneğin boya ile),
 - Basınç altında, katı bir malzeme ile yüzeylendirilmiş.(Örneğin, dekoratif lamine kaplama, emprenye edilmiş dekoratif kağıt vb.)

- **Şekil ve Formlarına Göre;**
 - Düz
 - Yüzeyi profilli,
 - Kenarı profilli.

- **Parçaların Şekil ve Ölçülerine Göre;**
 - Talaş levha,
 - Yaprak levha,
 - Şekillendirilmiş levha,
 - Odunlaşmış diğer bitkilerden (Örneğin, keten, kenevir ipliği vb.) üretilen panolar.

- **Yapılarına Göre;**
 - Tek tabakalı,
 - Çok tabakalı,
 - Sınıflandırılmış,
 - Kalıplanmış (Şekillendirilmiş) delikli levhalar.

- **Kullanımlarına Göre;**
 - Genel amaçlı levhalar,
 - Kuru şartlarda, kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) levhalar,
 - Konstrüksiyonlarda taşıma amaçlı kullanılan levhalar,

- Aşırı yüklenebilen levhalar,
- Biyolojik tehlikelere karşı dayanıklılığı geliştirilmiş levhalar,
- Ateşe dayanıklı levhalar,
- Ses adsorbe eden levhalar,
- Diğerleri.

1.3.3 Yonga Levhaların Genel Özellikleri

Yonga levhalar ahşap esaslı levhalar içerisinde en fazla miktarda üretilen malzeme konumundadır. Kullanım yerinde beklenen performansa da bağlı olarak, diğer levha ürünleriyle kıyaslandığında yonga levhaların daha fazla tercih edilmesinde ve büyük miktarlarda üretilmesinde sahip olduğu bazı özelliklerin etkisi vardır. (Dayanıklıoğlu, 2004).

Bu özellikler;

- Odun tamamı ile yongaya dönüştürülerek hiç fire vermeden istenilen boyutta levha üretilebilir.
- Yongaların boyutu ve pozisyon açısından istenilen şekilde yönlendirilmesi ile elde edilecek levhanın istenilen yönde dayanımı artırılabilir.
- Presleme sırasında veya öncesinde yongalara hidrofobik özellik kazandırılabilir.
- Yongalar yangın böcek ve mantarlara karşı koruyucu maddelerle emprenye edilebilir.
- Çok geniş yüzeyli, istenilen kalınlıkta ve özel amaçlı levha üretilebilir.
- Kalıp içerisinde taslak oluşturmayla form verilmiş levhalar üretilebilir.
- Ağaç malzeme tutkalları ile kaplanma levhaları kullanmak (lamine edilmek) suretiyle oldukça iyi özellikler gösterir.
- Basınçla preslenmiş plastik malzemeler ve ağaç kaplama levhaları ile örtülmüş yonga levhaların yüzey işlemleri oldukça kolaydır.
- Makinelerle işlenme özelliklerinin iyi olup, frezelerle lamba zıvana, matkap ile kolayca işlenebilir
- Yüksek devirli şerit ve daire testerelerle işlenme esnasında düzgün kesit yüzeyleri verir.
- Akustik özellikleri iyidir.
- Levhaların işlenmesi esnasında zayıtı düşük, işi verimi yüksektir.

1.3.4 Yonga Levhaların Kullanım Alanları

Yonga levhalar ülkemizde yaklaşık ; %73,5 Mobilya, %13 Dekarasyon, %0,2 Prefabrik ev yapımında tüketilmektedir. Ülkemizde en çok zımparalanmış ve lamine edilmiş şekilde olmak üzere 550-600 kg/m³ yoğunluktaki yatay preslenmiş yongalevhalar kullanılmaktadır. Mobilya üretiminde genel olarak 13-22 mm arasında çok tabakalı levhalar mobilyanın alt, yan ve ön cephelerinde, 4-8 mm kalınlıktaki levhalar ise mobilyanın arka kısımlarında arkalık veya çekmecelerde çekmece altı olarak tercih edilmektedir (Göker, 2000).

Yonga levhalar işlenmesinin kolay oluşu, iş veriminin yüksekliği, zayıf az ve işçilik giderlerinin düşük olması, ağaç malzeme tutkalları ve kaplama levhaları ile kaplanmaları halinde iyi özellik göstermesi nedenleri ile dolaplarda, dekorasyonda ve çeşitli işlerde çokça tercih edilmektedir. Yonga levha radyo, televizyon ve müzik seti endüstrisinde bu aparatların mobilya kısımlarında kullanılır. Binaların iç kısımlarında bölmeler, kapı, duvar levhaları, sabit dolaplar yapımında, özellikle konser, sinema ve tiyatro salonlarında duvar kaplama levhaları hem dekoratif hem de akustik özellikleri bakımından çok elverişlidir (Dayanıklıoğlu, 2004).

Yonga levhaların özgül ağırlıkları dikkate alındığında yüksek yoğunluklu levhalar genelde yapısal amaçlarla özellikle prefabrike konut üretiminde kullanılmaktadır. Yatay preslenmiş yonga levhaların yüzeyleri masif ağaç malzemenin çekici renk, motif ve tekstürüne sahip değildir. Bu nedenle iç dekorasyonda ve mobilya üretiminde kullanılacak yonga levhaların yüzeyleri ve kenarları çeşitli malzemeler ile kaplanmaktadır. (Göker, 2000).

Farklı bir tip yonga levha olan çimentolu yonga levha ise odun hammaddesinden elde edilen yongaların çimento alüminyum sülfat ve sodyum silikat ile karıştırılıp basınç altında preslenerek, sertleştirme, olgunlaştırma ve kurutma işlemine tabi tutulmasıyla elde edilmektedir (Dayanıklıoğlu, 2004). Çimentolu yonga levhalar, prefabrik ev, okul, işletme ve yönetim binaları, kırsal alan konutları, danışma ve kamp binaları gibi tek ve çift katlı binalarda özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılmaktadır. Bu alanlarda özellikler tercih edilmesinin sebebi yangına karşı dayanıklılığı ve rutubet karşısında boyut stabilitesinin yüksek olmasıdır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Diğer bir yonga levha çeşidi olan etiket yongalı levhalar genellikle kontrplağın kullanıldığı her yerde tercih edilebilmektedir. Tutkal türüne bağlı olarak açık hava koşullarında çatı kaplamaları, iç ve dış duvar kaplamaları, döşeme ve döşeme altı materyali olarak da kullanılabilir. Bunlar daha çok 6-8 mm, 9-11 mm ve 15 mm olarak üç kalınlık sınıfında üretilmekte olup, ince olanlar duvar kaplamaları, kalın olanlar ise döşeme ve çatı malzemesi olarak değerlendirilmektedir (Göker, 2000).

Yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB) normal yonga boyutundan farklı bir geometriye sahip yongaların yönlendirme işlemi yapılarak serilmesiyle elde edilen yonga levha çeşididir; delgi, rendeleme, zımparalama gibi işlemlere de uygun oldukları için normal yonga levhaların kullanılmadığı fazla direnç gerektiren tüketim yerlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ürünlerdir (Biçer, 2014). Kusursuz, budaksız ve iyi bir yüzey kalitesine sahip olan OSB levhalar kontrplak yerine kullanılabilirler. Yönlendirilmiş yongalı levhaların en önemli avantajı kullanım yerleri isteklerine uygun şekilde üretilme imkanlarının olmasıdır. Şekil 6' da OSB'nin bina yapımında kullanımı görülmektedir.

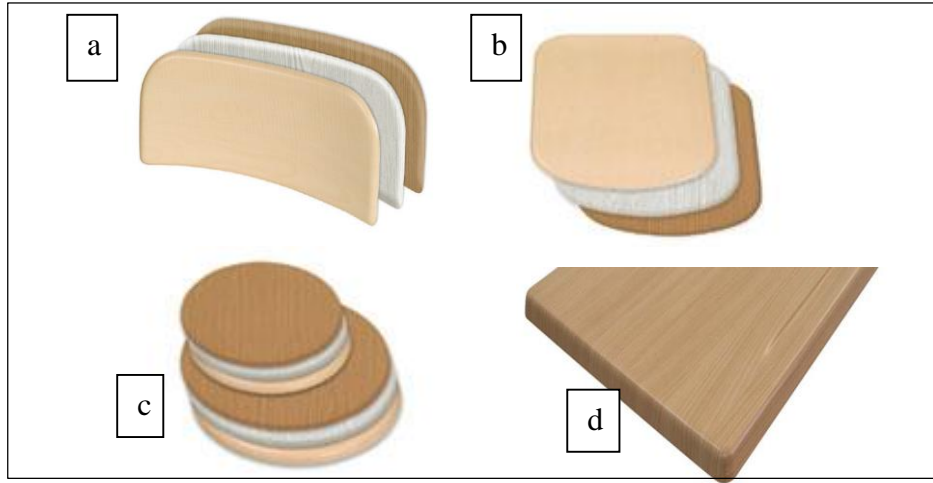


Şekil 6: OSB'nin bina yapımında kullanılması (URL-3, 2015)

Üre formaldehit reçinesi ile üretilen yönlendirilmiş yongalı levhalar özellikle döşeme malzemesi, yük taşıyıcı elemanlar ve mobilya üretiminde kullanılırlar. Melamin formaldehit

tutkalı ile üretilenler ise özellikle deprem riski olan bölgelerde prefabrik ve Amerikan tarzı binalarda; özellikle ısı iletkenlik katsayılarının düşük olması nedeniyle iç ve dış duvar, kaplama, döşeme ve çatı malzemesi olarak kullanım alanı bulmuştur. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilenlerde ise genellikle gemi taşımacılığı için ambalaj sandığı üretiminde kullanılır (Biçer, 2014).

Piyasada werzalit olarak bilinen kalıplanmış yonga levhalar, eşyanın son kullanılış yerine uygun şekilde üretilmiş ürünlerdir. Şekil 7’de görüldüğü gibi, yüzeyleri genelde bir laminat ile kaplıdır. Üretim metotlarına göre kullanım yerleri farklılık arz etmektedir. Ülkemizde Werzalit metodu ile üretim yapılmakta ve ürünler Werzalit olarak piyasada bilinmektedir. Bunlar; depolamada kullanılan paletler, beton kalıp elemanları, dış hava koşullarına dayanıklı bina elemanları, yüzey kaplamaları, balkon korkulukları, merdiven küpeşterleri, masa tablaları, sandalye arkalık ve tablaları, mutfak dolabı kapakları, lambri vb. ürünlerdir (Göker, 2000).



Şekil 7: Çeşitli werzalit ürünler a: Sandalye arkalığı, b: Sandalye oturağı, c: Tabure, d: Masa tablası (URL-4, 2016).

Okal tip yonga levha olarak adlandırılan dikey preslenmiş yonga levhalar, delikli ve deliksiz dikey preslenmiş olarak özellikle prefabrike yapılarda yaygın şekilde kullanılır. Bu yapıların ana inşaat materyali masif kereste ve okal tipi levhalardır. Okal tipi yonga levhaların delikli olanları ısı ve ses yalıtımı için uygun malzemelerdir. Delikler su ve elektrik borularının döşenmesinde de işe yaramaktadır. Okal tipi delikli levhalar hazır kapıların iç kısımlarında dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadır (Göker, 2000).

1.3.5 Yonga Levha Genel Durumu

1.3.5.1 Ülkemizde Yonga Levha Genel Durumu

Türkiye’de ilk yonga levha fabrikası 1955 yılında SUNTA T.A.Ş. tarafından İstanbul Kartal’da kurulmuştur. Başlangıçta yılda 3000 m³ olan üretim kapasitesi daha sonraki yıllarda 90.000 m³ e kadar çıkmıştır. 1960 yılında ise MODERN Kontrplak ve Suni Tahta Sanayi Ltd. Şirketi tarafından İstanbul Halkalı ’da kurulan kontrplak fabrikasına ilave olarak 1967 yılında yonga levha fabrikası üretime geçmiştir. Kartal ve Halkalı ‘da kurulan bu iki yonga levha fabrikası ülkemizde yonga levha üretiminde öncü olmuşlardır Daha sonra Isparta Eğridir yolu üzerinde ORMA Orman Mahsulleri Entegre Sanayi T.A.Ş. 1972 yılında 3. yonga levha fabrikasını kurmuştur. Bu fabrikada üretilen yonga levhalar 3 tabakalı olup, her 3 tabakada çam yongalar kullanılmıştır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Ülkemizde yonga levha sektöründe faaliyet gösteren fabrikalarda tek ve çok katlı sıcak presler yanında sürekli preslerle de üretim yapılmaktadır. Serme sistemlerinde havalı ve mekanik serme ayrı ayrı kullanıldığı gibi kombine olarak da kullanılmakta olup, dökme sisteminin kullanıldığı fabrikalar da mevcuttur (Akyıldız, 2003).

Ülkemizde bulunan tesislerdeki üretim hatları genelde Almanya yapımı olup genellikle ismi SO, C/Siemp, M/Bison, MO/Siemp, MO/Dieff, SO/Dieff, C/Küsters, Multiple Lines, MO/Siemps, MO/Pagnoni, SO/Dolavets, SO/Motala ve C/Metso gibi firmaların ürettiği pres tipleri bulunmaktadır (Biçer, 2014).

Üretim hat ölçüleri pres tiplerine göre değişmektedir. Türkiye’de genelde kullanılan üç tip pres boyu vardır. Bunlar (1830*3660 mm), (2100*2800 mm), (2100*2750 mm)’ dir. Avrupa’daki ölçüler ise (1830*5680 mm), (2150*28500 mm), (2530*5560 mm), (2200*43000 mm), (2050*11000 mm), (2100*76500 mm) olarak değişmektedir (Dayanıklıoğlu, 2004).

Ülkemizdeki levha sektörüne genel olarak bakıldığında takribi 400.000 kişiye doğrudan olmak üzere toplam 1 milyon kişiye (nakliyat, satış, hizmet vs.) istihdam sağlandığı görülmektedir. Sektörün Türkiye’deki büyüklüğü 12 milyar USD civarındadır. 2023 yılı hedefi ise 25 milyar USD rakamını yakalamaktır. Sektörün 2013 yılı ihracatı 2,4 milyar USD

olup, 2023 hedefi ise 8 milyar USD'dır (OAİB,2015). Bu sektörün iki önemli alt sektörü bulunmaktadır. Birincisi mobilya ve dekorasyon sektörü, ikincisi ise mobilya sektörünün yarı mamul ihtiyacını karşılayan yonga ve lif levha ile ağaç ürünleri sektörüdür.

Türkiye'de yonga ve lif levha sektöründe, son yıllarda artan yatırımlarla dünya standartlarında ileri teknolojiyle üretim yapan tesisler kurulmuş ve dünyada söz sahibi bir kapasite ve üretim teknolojisine ulaşmıştır (Tablo 2). Türkiye 2014 yılı verileriyle; Lif levha (MDF) üretiminde; Avrupa'da 1., dünyada 2.sırada, Yonga levha üretiminde; Avrupa'da 3., dünyada 5.sırada, Laminat parke üretiminde Avrupa'da 2., dünyada 3. sırada yer almaktadır.

Tablo 2: Türkiye'de yonga levha sektöründe faaliyet gösteren fabrikalar ve kapasiteleri (Dayanıklıoğlu, 2014).

Firma Adı	Fabrika Yeri	Siempelkamp' Pres Alan Ölçüsüne Göre Yonga Levha Üretim Kapasitesi (m ³ /gün)		
1-Dengizekler A.Ş.-Foça	İzmir	300	Yonga Levha ve OSB	
2-Gentaş A.Ş.	Bolu	96		
3-Kast. Entg.(Balıkesir)	Balıkesir	1700		
4-Kast. Entg.(Samsun)	Samsun	550		
5-Kast. Entg A.Ş.(Samedoğlu)	Mersin	500		
6-Küpeliler Simav (Koyuncuoğlu)	Kütahya	300		
8-Yıldız. Entg. Mudurnu Şub. İlave Tesis	Bolu	1150		
9-Yıldız Entegre A.Ş.(Akhisar)	Manisa	1700		
10-Orma A.Ş.	Isparta	2100		
11-S.F.C. A.Ş. (OSB Üretmekte)	Kast.(OSB Tesisi)	300		
12-Sumaş A.Ş. (OSB Üretmekte)	Balıkesir	150		
13-Küpeliler A.Ş.	Eskişehir	300		
14-Derya İnşaat Devrek (Faal Değil)	Zonguldak	340		Yonga ve Lif Levha
15-Kast. Entg.(Kastamonu)	Kastamonu	670		
16-Kast. Entg.(Gebze)	Gebze	1500		
17-Serdar Ağaç A.Ş. (Kısmen Faal)	Bursa	300		
18-S.F.C. A.Ş.	Kastamonu	200		
19-Starwood A.Ş.	Bursa	2850		
20-Teverpan MDF A.Ş.	Çerkezköy/Tekirdağ	450		
21-Vezir Ağaç A.Ş.(Turanlar Grup)	Samsun	175		
23-Merkez Sunta A.Ş.	İnegöl/Bursa	350	Çalışmıyor	
24-Yonsan A.Ş.	Manisa	240	Çalışmıyor	
TOPLAM		16.221 (m ³ /Gün)		
TOPLAM (320 İş Günü)		5.190.720 (m ³ /Yıl)		

Ülkemizde sektörün toplam kurulu kapasitesi 5.545.920 m³/yıl yonga levha ve 5.971.200 m³/yıl lif levha (MDF) olmak üzere toplam 11.517.120 m³/yıl'dır. Kapasite kullanım oranları %75-85 olarak değişmekle birlikte, üretim kapasitesi 2014 yılı sonu itibariyle

8.500.000-9.000.000 m³/yıl'dır (OAİB, 2015). Tablo 3' te 1989-2013 yılları arasındaki yonga levha kurulu kapasite miktarları ve yıllık kapasite değişim oranları verilmiştir.

Tablo 3: Yonga levha sanayisinin 1989-2013 yılları arasındaki kurulu kapasiteleri (Dayanıkhoğlu, 2014).

Yıl	Yonga Levha (m ³ /yıl)	Artış (%)
1989	1.424.000	---
1990	1.529.000	7,37
1991	1.564.000	2,28
1992	1.614.000	3,19
1993	1.834.000	13,63
1994	1.859.000	1,36
1995	2.009.000	8,06
1996	2.224.000	10,7
1997	1.920.000	-13,7
1998	2.030.000	5,72
1999	2.250.000	10,83
2000	2.380.000	5,77
2001	2.380.000	0
2002	2.265.300	-4,81
2003	2.791.800	23,24
2004	2.956.500	5,89
2005	3.888.300	31,51
2006	3.888.300	0
2007	3.729.300	-4,08
2008	3.972.300	6,51
2009	3.972.300	0
2010	4.092.300	3,02
2011	4.632.300	13,19
2012	5.228.100	12,86
2013	6.011.100	14,97

Yonga levha ve lif levha sektörlerindeki tesislerin tamamında melamin kaplama hattı bulunmakta ve ürünlerin büyük bir kısmı kaplandıktan sonra pazarlanmaktadır. Sektörde ana girdiler odun ve tutkal olup, diğerlerini katkı maddeleri, yakıt ve enerji oluşturmaktadır.

Sektörde faaliyet gösteren kuruluşların çoğunluğu TSE kalite yeterlilik belgesi ve TSE uygunluk belgelerini almış olup, üretimlerinde standartlara uymaktadırlar (OAİB, 2015).

1.3.5.2 Dünyada Yonga Levha Genel Durumu

Yonga levha buluşu düşüncesi uzun bir geçmişe sahip olsa da, yonga levha teriminin kullanımı daha yakın bir geçmişte söz konusu olmuştur. Son 100 yıl içerisinde yapay levhalar adı altında çok sayıda patent alınmıştır. 1887 yılında Ernst Hubbard odun artıklarının değerlendirilmesi adlı yayınında ilk olarak testere talaşı ve kan albümininden yararlanarak basınç ve sıcaklık uygulaması ile yonga levha üretiminin ilk fikirlerini ortaya atmıştır. 1905' te Amerikalı Watson ince odun parçacıklarını presleyerek levha haline getirmek suretiyle bugün talaş levha adı verilen materyale çok benzeyen bir levha elde etmek suretiyle patent almıştır. 1918 yılında Almanya'da Beckmann orta kısmı yonga veya odun tozlarından oluşan, alt ve üst yüzeyler ise kaplama levhadan ibaret bir levha yapımında öncü olmuştur. Bu özel tip, halen bugün yapılarda taşıyıcı materyal olarak kullanılan levhalara paralel karakterde bulunmaktadır (Biçer, 2014).

Her ne kadar yonga levha üretimi fikri 1880' li yıllara dayansa da, gerek hammadde olan yonganın elde edilmesinde kullanılan teknolojinin yetersizliği, gerekse yapıştırıcı teknolojisindeki yetersizliklerden dolayı ticari amaçla yonga levha üretimi yapan ilk fabrika 1941 yılında Almanya'da Torfit-Werke AG firması tarafından Bremen' de kurulmuştur. Bu fabrikada tutkal olarak fenolik reçine kullanılmış ve ladin yongalarından günde 10 ton levha üretilmiştir. (Bozkurt, 1992).

İkinci Dünya Savaşından sonra gerek Avrupa'da gerekse Amerika'da yonga levha üretimi büyük bir gelişme göstermiştir. Fenolik reçineler yerine daha ucuz ve düşük sıcaklıklarda sertleşen üre formaldehit reçineleri kullanılmaya başlanmıştır. Yine bu yıllarda büyük gelişmeler gösteren makine ve üretim metotları sayesinde yonga levha üretimi hızla ilerleme kaydetmiştir. Bütün bu gelişmelerin yanı sıra, levha kalitesini etkileyen faktörler üzerine yapılan araştırmalar artırılmış, yonga levha üretiminde kullanılan yongaların biçim ve büyüklükleri, ağaç türleri, levhaların özgül ağırlıkları üzerinde durularak, yonga kalınlığının levha kalitesi üzerinde büyük etkisinin olduğu Kluditz tarafından belirlenmiştir. Buna göre yonga kalınlığı arttıkça, eğilme direncinde azalma meydana gelmektedir (Biçer, 2014).

Tablo 4’ te görüldüğü gibi dünya yonga levha üretimi 2010-2014 yılları arasında, 2012 yılındaki çok küçük azalış dışında sürekli artan bir eğilim göstermiştir (FAOSTAT, 2015). 2010 yılında 95.771.761milyon m³ olan üretim miktarı 2014 yılında 110.532.308 m³’e yükselmiştir.

Tablo 4: 2010-2014 yılları arasında yonga levha üretim miktarları (*1000 m³).

Ülke	2010	2011	2012	2013	2014	2013-2014 Değişim (%)	2014 yılına Göre Pay (%)
Çin	12.725	12.781	12.974	18.933	20.958	10,70	18,96
ABD	14.600	14.700	13.435	15.184	15.910	4,78	14,39
Almanya	7.633	6.940	6.781	6.806	6.760	-0,68	6,12
Brezilya	3.194	3.263	3.462	3.582	3.395	-5,22	3,07
Türkiye	3.100	3.620	3.950	4.300	4.500	4,65	4,41
Polonya	4.684	4.917	4.879	4.785	4.790	0,09	4,33
Tayland	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	0,00	2,35
Rusya Fed.	5.429	6.633	6.753	6.656	6.795	2,09	6,15
Avrupa Birliği Ülkeleri	37.983	37.237	35.770	35.942	36.292	0,97	32,83
Diğer	16.140	17.095	18.221	19.166	20.081	4,77	18
Dünya	95.771	97.929	97.165	106.364	110.532	3,92	100,00

Dünyanın en büyük levha üreticisi Çin Halk Cumhuriyeti’dir. Çin Halk Cumhuriyeti, dünya levha üretiminin %55’ini yapmaktadır. 2013 yılında 62,6 milyon m³ levha üreten Çin Halk Cumhuriyeti’ni sırasıyla ABD, Almanya, Brezilya ve Türkiye takip etmektedir. Sadece yonga levha üretimine bakıldığında 2014 verilerine göre Çin Halk Cumhuriyeti ve ABD’yi, Almanya ve Türkiye takip etmektedir.

1.3.6 Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Yonga levha endüstrisinde hammadde olarak odun veya diğer ligno-selülozik lifli maddeler, bağlayıcı olarak yapıştırıcılar ve levhaya farklı özellikler kazandırmak amacıyla katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yonga levha ağırlığının yaklaşık %90'ından fazlasını odun veya diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddeler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Biçer, 2014)

- **Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Ligno-selülozik Hammaddeler**
 - Odun
 - Yapacak maksatlarda Kullanılmayan Odun
 - Lif ve Yonga Odunu
 - Kereste Fabrikası Atıkları
 - Kaplama Levha Üretim Atıkları
 - Planyadan Elde Edilen Atıklar
 - Orman Bakım Atıkları
 - Diğer Ligno-selülozik Hammaddeler (kendir, kenevir, şeker kamışı, tahıl, bambu, saz, pamuk, ayçiçeği, tütün sapı, vb.)

- **Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Kimyasal Maddeler**
 - Sentetik Reçineler
 - Üre Formaldehit Tutkalı
 - Fenol Formaldehit Tutkalı
 - Melamin Formaldehit Tutkalı
 - İzosiyanat Tutkalı
 - Epoksi Tutkalı
 - Doğal Yapıştırıcılar
 - Kazein
 - Soya ve Kan Tutkalı
 - Sülfat ve Sülfat Atık Suyu
 - Çeşitli Tanenler
 - Katkı Maddeleri
 - Hidrofobik Maddeler
 - Yangın Geciktirici Maddeler

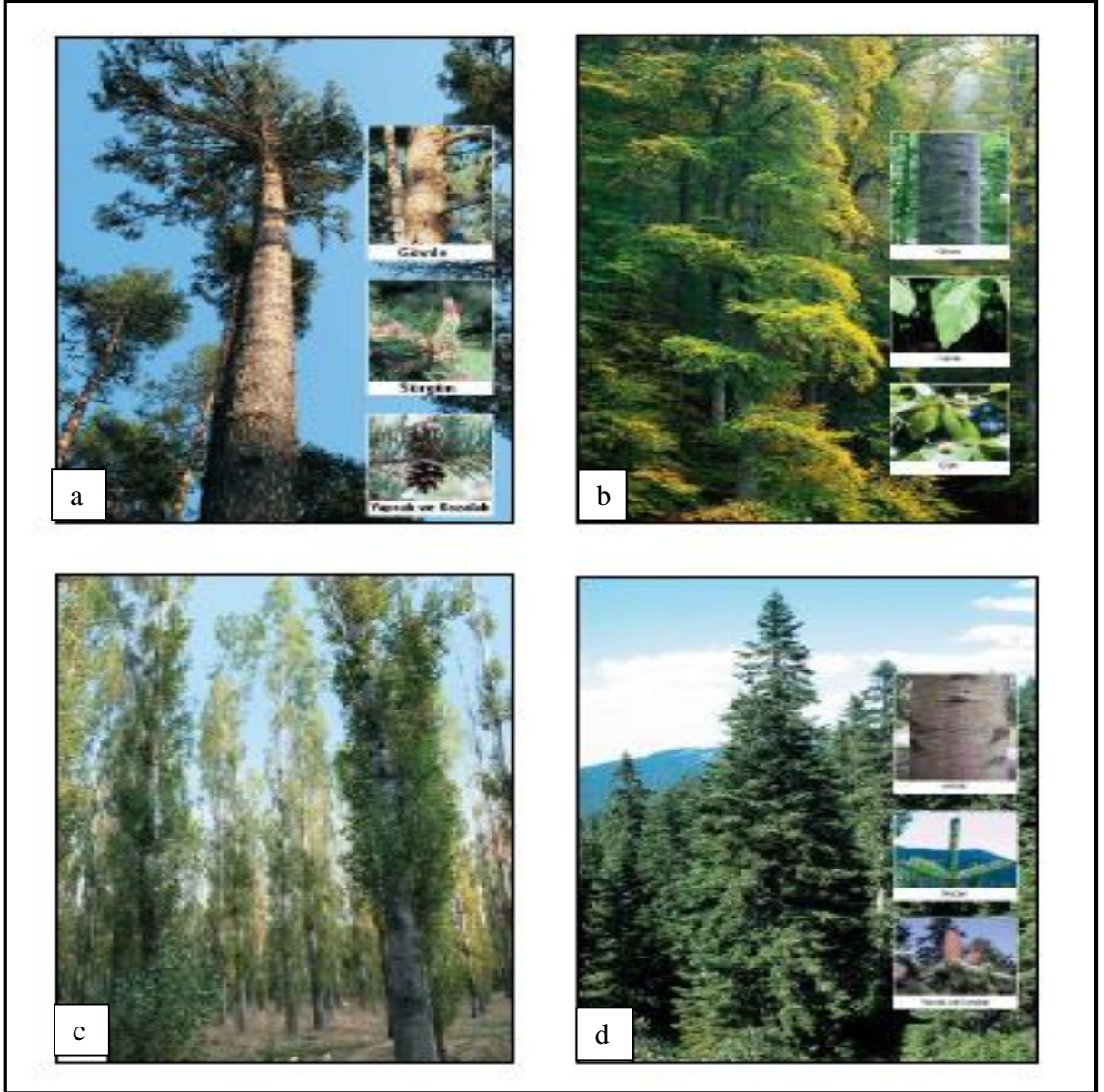
- Koruyucu Maddeler
- Sertleştirici Maddeler

1.3.6.1 Odun Hammaddesi

Yonga levha üretimi ve fabrikasyonu orman ürünleri sanayinde çok önemli bir yere sahip olup, teknik ve mühendislik bilgisi gerektirmektedir. Her şeyden önce kullanılan odun hammaddesinin anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri ile odun – su ilişkisinin çok iyi bilinmesi gerekir (Biçer, 2014).

Ağaçlar temelde iğne yapraklı ve yapraklı olmak üzere iki ana grup altında incelenmektedir. Bu esas gruplar ise binlerce tür ve çeşit ağacı kapsamaktadır. Ahşap kompozit levha üretiminde çok çeşitli ağaç türleri kullanılmaktadır. Bunların basında iğne yapraklı ağaç türlerinden çam, ladin, göknar, geniş yapraklı ağaç türlerinden ise kavak, kızılbaş, söğüt, kayın, huş yaygın olarak kullanılmaktadır (Güler, 2001). Şekil 8’de yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanılan ağaçlardan bazıları görülmektedir.

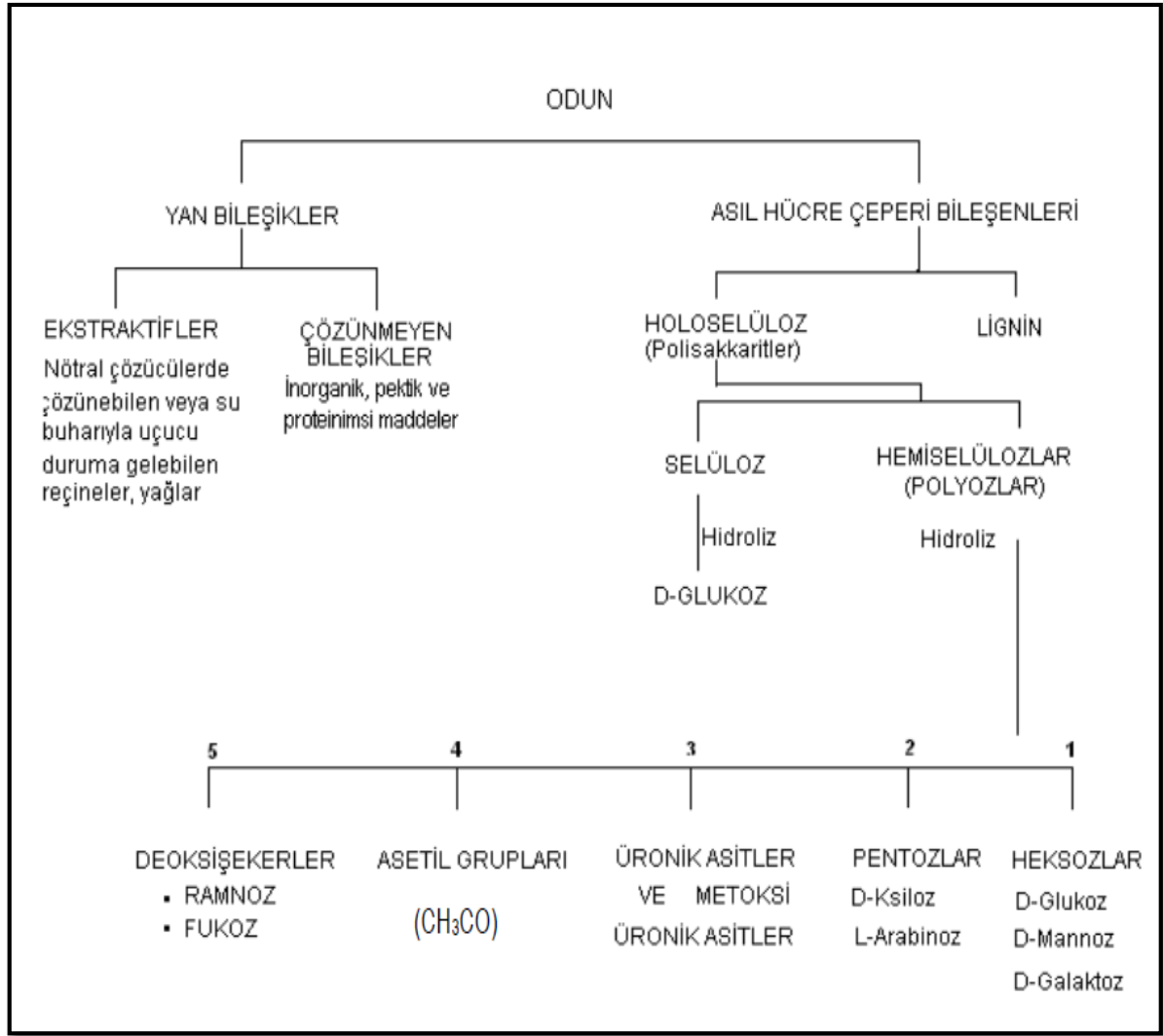
Fabrikaların buldukları bölgeler itibariyle mevcut doğal yapıya göre de hammadde özellikleri değişebilmektedir. İbrelili ve yapraklı ağaç türleri değişik miktarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca; yapacak maksatlarında kullanılan odunun dışında kalan tüm odun hammaddesi yonga levha yapımında kullanılabilir. Buna yakacak odun da dâhildir. Bundan başka kapak tahtaları, çıtalar, tahta ve tomrukların uç kısımlarından elde olunan artıklar ve testere talaşı, kaplama levha üretimi artıkları kullanılabilir. Yonga levha ve MDF üretimi yapan tesisler ülkemizde yetişen iğneli ve yapraklı ağaçların odunları ile birlikte özel kavaklıklarda yetiştirilen odunları da işleyebilmektedir. Bunlara ilaveten endüstriyel atık ve talaş gibi ürünler de hammadde olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca hammadde sıkıntısı çekildiği dönemlerde de ithalat yaparak açıklarını kapatmaktadırlar (Dayanıklıoğlu, 2004).



Şekil 8:Yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanılan ağaçlardan bazıları a: Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), b: Kayın (*Fagus* sp.L.), c: Kavak (*Populus* sp.), d: Gökmar (*Abies* sp.Mill.), (URL-5, 2013; Biçer, 2014'ten)

Odunun Kimyasal Bileşimi

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının kimyasal içerikleri benzer bileşiklerden oluşmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Odunun kimyasal bileşenleri (Deniz, 2012).

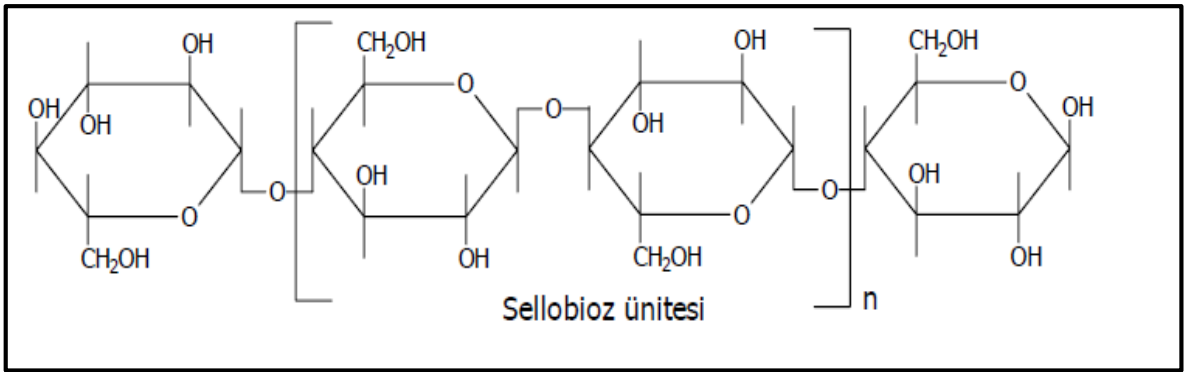
Odunun ana bileşenleri selüloz, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif maddelerdir. Bu bileşiklerin odun içerisinde bulunma oranı ağaç türüne hatta aynı tür içinde bile yetiştirme yerine göre belli oranlarda farklılıklar gösterebilmektedir. Odunsu bir hücre çeperinin kimyasal bileşikleri ve bunların yaklaşık değerleri Tablo 5’deki şekildedir.

Tablo 5: Odunsu hücre çeperi kimyasal bileşiklerinin yaklaşık değeri (Bozkurt ve Göker, 1990).

Selüloz	% 50
Hemiselüloz	% 20 – 35
Lignin	% 15 – 25
Yabancı Maddeler (Ekstraktif vb.)	% 0 - 25

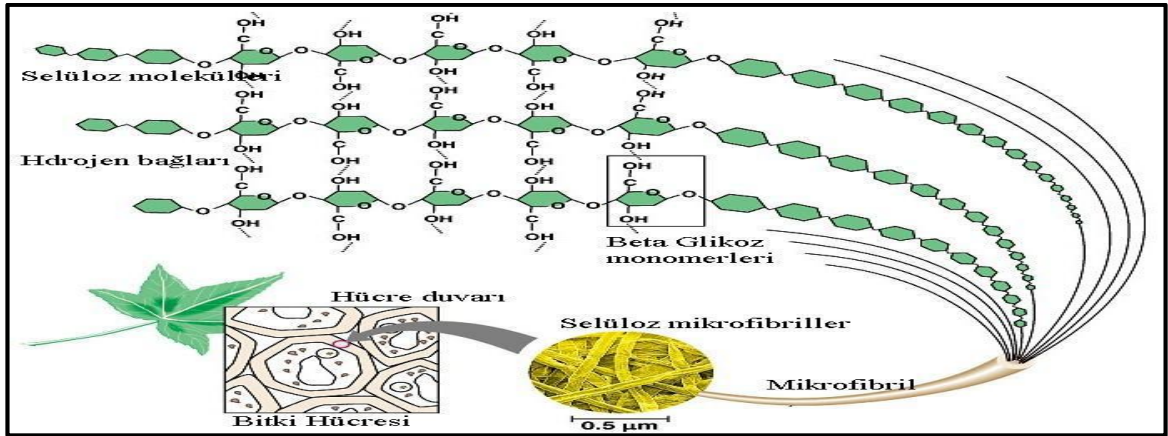
Selüloz

Selüloz, hücre çeperinin en önemli maddesi olup, çeperdeki maddelerin yaklaşık yarısı oranındadır. Aynı zamanda ağacın da en önemli hammaddesidir. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlardaki selüloz oranı 42 ± 2 kadar bulunmaktadır (Bozkurt, 1992). Selüloz, genellikle lifsel yapı oluşturan bileşiklerde olduğu gibi, molekül yapısı bakımından lineer bir polimerdir. Zincir biçimindeki moleküllerden oluşmaktadır. Selüloz molekülünün yapı taşları glukoz anhidrit birimleridir. Bu birimler birbirlerine 1,4 – β – glikozidik bağlarla birleşmiştir. Şekil 10’da selüloz molekülünün kimyasal yapısı görülmektedir.



Şekil 10: Selüloz molekülünün kimyasal yapısı (Kırcı vd., 2001).

Doğal selüloz molekülünde yapı taşlarının sayısı (Polimerleşme Derecesi – DP) 10.000’ e kadar ulaşmakta ve böylece doğal selülozun molekül ağırlığı da 1.500.000’i aşmaktadır. Bir anhidro glukoz biriminin uzunluğu 0,515 m μ olduğu için doğal selüloz molekülünün uzunluğu 5 mikronu geçecektir (Deniz, 2012).



Şekil 11: Selülozun bağ yapısı (URL-6, 2015).

Şekil 11’de selülozun bağ yapısı görülmektedir. Selülozu oluşturan her anhidrit glukoz 180° dönmüş diğer bir anhidrit glukoz ile bağlı olup, bunların her birinde primer ve sekonder hidroksil grupları vardır. Su, hidroksil gruplarına hidrojen köprüleri ile bağlanmakta, bitişik zincirler arasına girerek onları birbirinden ayırmaktadır. Böylece hücre çeperinde daralma ve genişlemeler meydana gelmektedir (Bozkurt, 1992).

Hemiselüloz

Odun hammaddesi ve diğer bitki türleri selülozdan başka polyoz veya hemiselüloz denen farklı polisakkaritler içerir. Polisakkaritler, hem aynı monosakkarit birimlerinin oluşturduğu homo-polisakkaritlerden hem de farklı monosakkaritlerin oluşturduğu hetero polisakkaritlerden olabilir. Geleneksel olarak polisakkaritler selüloz ve hemiselüloza bölünmektedir. Polyozlar ve kısa zincirli selülozları içeren kimyasal hamurlardan çözünerek alkali çözeltide bulunan ekstraktiflere hemiselülozlar denir. Yani, hemiselülozlar düşük molekül ağırlığındaki selülozu ve polyozları içerir. Polyozlar ise, tanım olarak hücre çeperinde ve alkali çözeltide bulunan selülozik olmayan polisakkaritlerdir (Deniz, 2012).

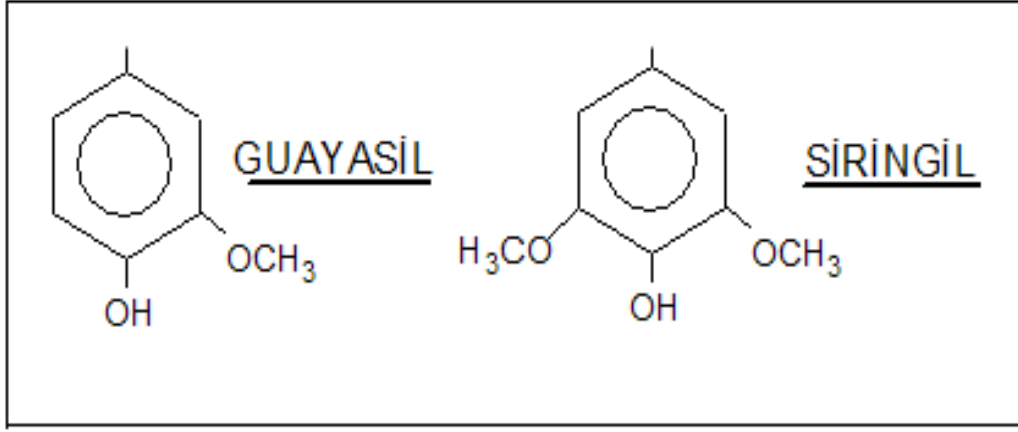
İğne yapraklı ve yapraklı odunlar sadece toplam hemiselüloz yüzdesinde değil aynı zamanda her bir hemiselülozun oranları bakımından da farklılık gösterir. İğne yapraklı ağaçlar yapraklı ağaçlardan daha fazla mannoz ve glaktoz üniteleri içerirken, yapraklı ağaçlar daha fazla ksiloz ve asetil grupları içerirler. Odun polisakkaritleri hücrelerin yapısal maddesini meydana getirdiği gibi, hemiselülozların birçoğu da nişasta gibi rezerv maddesi olarak odunda yer alır. Hemiselülozlar tüm odun türlerinde odun kuru ağırlığının %20–30 ‘unu meydana getirir. İğne yapraklı ağaçların hemiselüloz bileşimi yapraklı ağaç hemiselülozlarının bileşiminden oldukça farklıdır. Önemli farklar ağacın gövdesi, dalları, kökleri veya kabuğu söz konusu olduğunda da ortaya çıkmaktadır (Deniz, 2012).

Lignin

Ligninler üç boyutlu fenilpropan ünitelerinden oluşmuş polimerlerdir. İğne yapraklı ağaçlarda %30 ± 4, yapraklı ağaçlarda ise %25 ± 3 lignin vardır. Ligninler p – coumarly (p – kumaril), coniferyl (koniferil) ve snapyly (sinapil) alkollerinin polimerizasyon ürünleridir (Bozkurt, 1992).

Odunun diğere esas bileşenlerin olan lignin, üç boyutlu, oldukça karmaşık fenolik doğal polimeridir. Yapıştırıcı etkisinden dolayı, hücre çeperinde selüloz liflerini bir arada tutarak, sert ve dayanıklı olmasını sağlar (Arslan, 2008).

Ligninin aromatik yapı birimleri olan guaiacyl ve syringyl lignini üniteleri Şekil 12’de görülmektedir. İğne yapraklı ağaçların hepsi guaiacyl lignini, yapraklı ağaçlar ise hem guaiacyl hem de syringyl lignini ünitelerini ihtiva ederler. Ligninde hidroksil gruplarının tümü su ile bağ teşkil etmediğinden, higroskopisite azdır. Esas itibariyle selüloz ve özellikle hemiselülozlar ligninden çok daha fazla higroskopiktirler (Bozkurt, 1992).



Şekil 12: Ligninin aromatik yapı birimleri (Deniz, 2012).

Yabancı Maddeler

Odunda, inorganik maddeler, suda çözünen maddeler ve ekstraktif maddeler olmak üzere 3 çeşit yabancı madde grubu vardır.

1.3.6.2 Diğere Lignoselülozik Hammaddeler

Odun hammaddesine dayalı endüstri sayısının zamanla artması, yonga ve lif odunu bulmakta ortaya çıkan güçlükler ve buna bağlı olarak artan hammadde fiyatları yonga levha endüstrisinde yıllık bitkilerin kullanılması imkânlarının araştırılmasına sebep olmuştur.

Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Ancak keten, kenevir, pamuk sapları, şeker kamışı, bambu, saz, yer fıstığı kabuğu, saman, ayçiçeği

çekirdeği kabuğu ve lifi gibi bitkisel madde veya artıklardan da yonga levha üretimi mümkün olduğu belirtilmektedir. Ancak yeterli miktarlarda olması, toplama, taşıma, depolama ve hazırlamanın kolay, ucuz ve materyalin mantarlar tarafından herhangi bir bozulmaya maruz kalmamış olması gerekmektedir. Yıllık bitkilerin kullanılmasın da en büyük sorun materyalin homojen olmayışıdır (Özen, 1980).

Odunlara göre kimyasal içerik bakımından daha heterojen özellik gösteren bitkisel materyalin kimyasal kompozisyonunu etkileyen önemli bir faktör bitkinin yetiştirme koşullarıdır (Han, 1998). Genel olarak bir ligno-selülozik bitki hücresi %65–70 karbonhidratlardan oluşmaktadır. Bazı istisnai durumlar bulunmakla birlikte bitki hücrelerinin yaklaşık %50'sinin selülozdan oluştuğu söylenebilir. Fakat pamukta bu oran %90'nın üstüne çıkabilmekte, bazı tarımsal sap liflerinde ise %30'un altına düşebilmektedir (Rowell ve Simonson, 2000).

Bitkisel materyalin, kompozit panel ürünleri üretilebilmesi için diğer önemli kriter ise hücre boyutlarıdır. Hücre boyutları, hücre çeper kalınlığı, uzunluğu, lümen açıklığı gibi özellikler, nihai ürünün (kompozit) performans özelliklerini direk olarak etkilemektedir (Arslan 2008).

1.3.6.3 Bağlayıcı Maddeler (Tutkallar)

Yapıştırıcı madde, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır (Vick, 1999).

Yonga levha endüstrisinde 3 ana sentetik reçine tipi kullanılmaktadır. En çok kullanılan üre formaldehit reçinesi olup, bunu fenol formaldehit ve melamin formaldehit reçineleri takip etmektedir. Üre ve melamin reçineleri amino reçineler olarak bilinmektedir. Bu reçineler ve fenol formaldehit reçinesi ısı etkisi ile katalizörler yardımıyla kısa süre içerisinde sertleşebilmektedir. Böylece reçineler kondenzasyon polimerizasyonu vasıtası ile vazifelerini görmektedirler (Bozkurt ve Göker, 1990).

Dünyada yonga levha üretiminde yaklaşık %90 ve daha yüksek oranda üre formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçineleri ucuz, ancak preslemede sertleşme süresi kısa ve kullanımı kolay olan tutkallardır. Ayrıca, bu tutkal beyaz veya renksizdir. Ancak, dış maksatlar için dirençli yonga levhaların üretiminde bu tutkal kullanılmamaktadır.

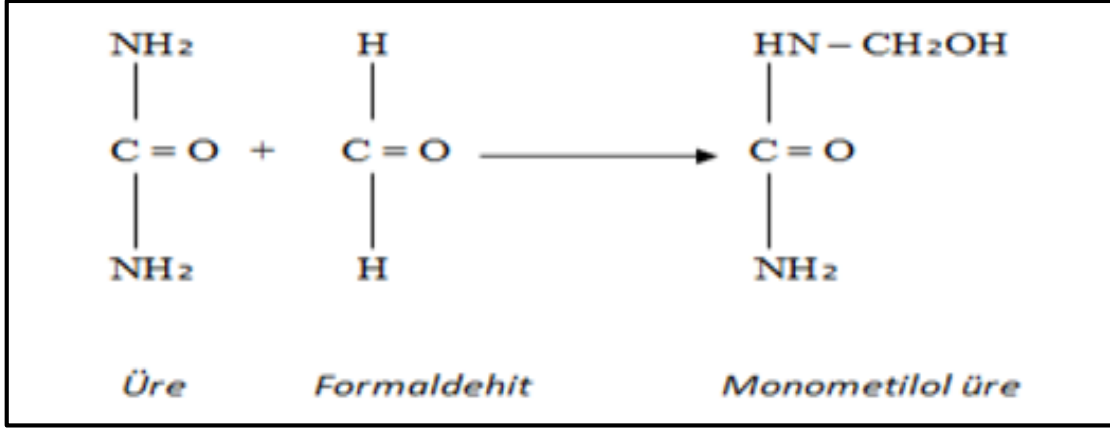
Melamin reçineleri ise, bazı levha üretim metotlarında özellikle üre formaldehit reçinesi ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Böylece rutubete karşı yüksek bir direnç sağlanabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı nispeten ucuzluğu nedeniyle, özellikle kaplamalı işler, prese kapı, yonga levha ve kontrplak üretimi olmak üzere, ağaç işlerinde en çok kullanılan yapıştırıcıdan biridir. Formaldehit metanolden, metanol de maden kömürü, oksijen ve hidrojenle elde olmaktadır. Formaldehit ise metanolün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu yolu ile elde olmaktadır (Biçer, 2014).

Üre renksiz, kokusuz ve suda kolaylıkla çözünebilen kristal halinde bir madde olup, Amonyak ve Karbondioksitin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak Amonyum karbaminat meydana gelmekte, buna amonyak ilave edildiğinde su ve üre maddeleri oluşmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Üre formaldehit tutkalı, üre ile formaldehitin sulu bir çözeltide kondense olmasıyla elde edilir. Hem kuru hem de sıvı hallerde elde edilebilmektedir. Her iki bileşen dimetil ve monometilol ürenin teşekkülü altında, hafif alkali ortamda reaksiyona girer, oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Bu ön kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilen bileşikler olup reaksiyona 3 boyutlu ağlar oluşturacak şekilde devam ederler. Arzu edilen kondenzasyon derecesine ulaşmasından sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötralleşme ile kesilir. Elde edilecek tutkalın özelliklerini; sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve üre formaldehitin molar oranı etkilemektedir (Biçer, 2014). Şekil 13'te monometilol üre oluşumu görülmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

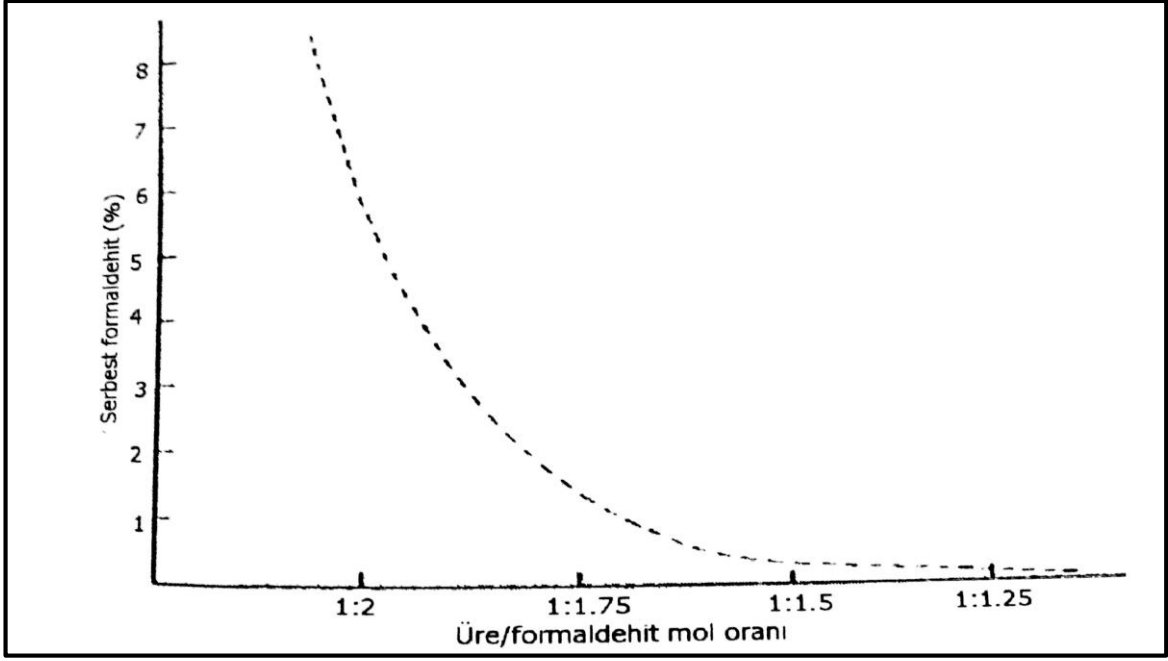


Şekil 13: Monometilol üre oluşumu (Eroğlu ve Usta, 2000).

Daha önceleri ürenin formaldehite mol oranı 1, 1,5-2 iken, günümüzde bu oran 1, 1,25-1,15'e kadar düşürülmüştür. Formaldehit oranının azaltılması, serbest formaldehit ayrışmasını düşürmekte fakat sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Amaca uygun olarak alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile monometilol-üre, daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir. Üre- formaldehit reçineleri, termosetting bir yapıya sahip olup, bir kere sertleştikten sonra ısıtılarak veya kimyasal bir çözücü kullanılarak yeniden yumuşatılamaz (Alvur, 2001).

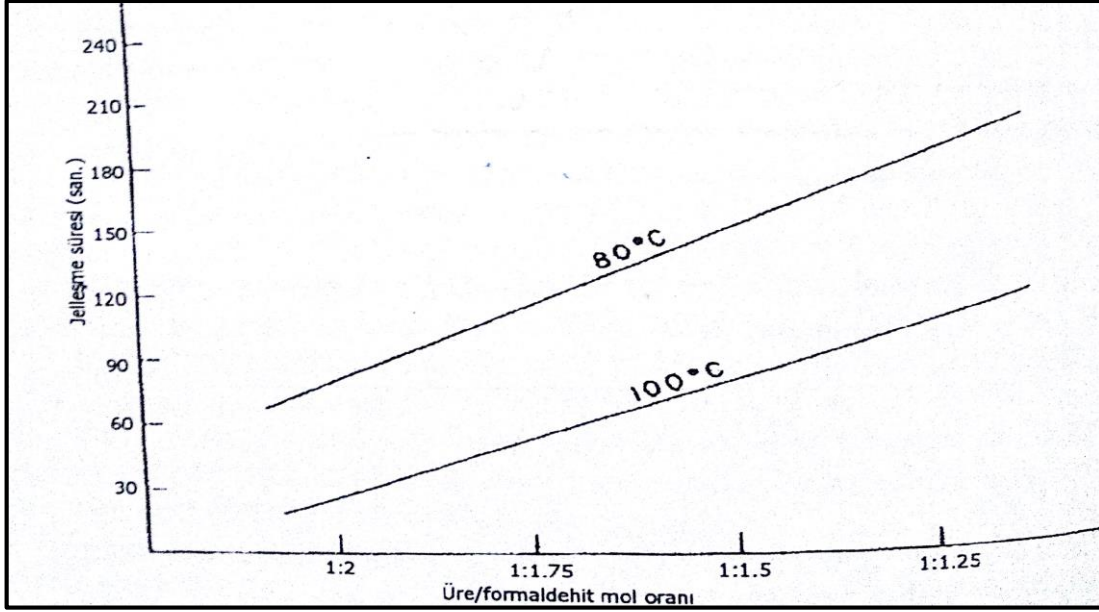
Sıcak preslemede sertleştirici madde olarak Amonyum klorür (NH₄Cl) veya Amonyum sülfat kullanılır. Üre formaldehit piyasada %55' lik veya %65' lik sıvı halde ya da toz olarak satılmaktadır. Toz halde olanı depoda bir yıl bozulmadan saklanabildiği halde, sıvı haldeki tutkal birkaç ay dayanabilir (Güler, 2001). Ağaç türüne bağlı olarak pH' ın 4,2-5,5 aralığında olması gerekir. pH arttıkça sertleşme süresi uzamaktadır. Üre formaldehit reçinelerinin kullanıldığı levhalarda son sertleşme derecesi olarak alt ve üst tabakalarda sıcaklık 150-190 °C, orta tabakalarda sıcaklık en az 100 °C olmalıdır (Biçer, 2014).

Yapılan araştırmalara göre üre formaldehitin mol oranı 1:1,45 iken serbest formaldehit oranı %0,8, 1:1,32 iken %0,3 ve 1:1,25 iken %0,2' den azdır. Üre formaldehit mol oranı 1:1,3 ve daha az olan üre formaldehit reçinelerinin kullanımı konusunda uluslararası bir eğilim olmasına rağmen bu tip reçineler yonga levha üretiminde çok iyi sonuç vermezler. (Eroğlu ve Usta, 2000). Şekil 14'te Üre/Formaldehit mol oranı ile serbest formaldehit arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 14: Üre/Formaldehit mol oranı (Eroğlu ve Usta, 2000).

Daha düşük formaldehit/üre mol oranlı UF reçineleri ile çalışırken daha fazla sertleştirici kullanmak gereklidir. Çünkü reçinenin jelleşme süresi kısaldır. Üretimden hemen sonra bitmiş levhadaki serbest formaldehitin başlangıç miktarı ile presleme sırasında açığa çıkan formaldehitin miktarını azaltmak için tutkal karışımı içerisine bazen %5' e kadar üre ilave edilebilir. Daha yeni bir gelişme ise üretimden sonra hem levhada var olan serbest formaldehitin miktarını hem de üretim sırasında levhadan açığa çıkan formaldehit miktarını azaltmak için %1-2 kadar tanen ekstraktı kullanılmasıdır (Eroğlu ve Usta, 2000). Üre/formaldehit mol oranı ile jelleşme süresi arasındaki ilişki Şekil 15'de görülmektedir.

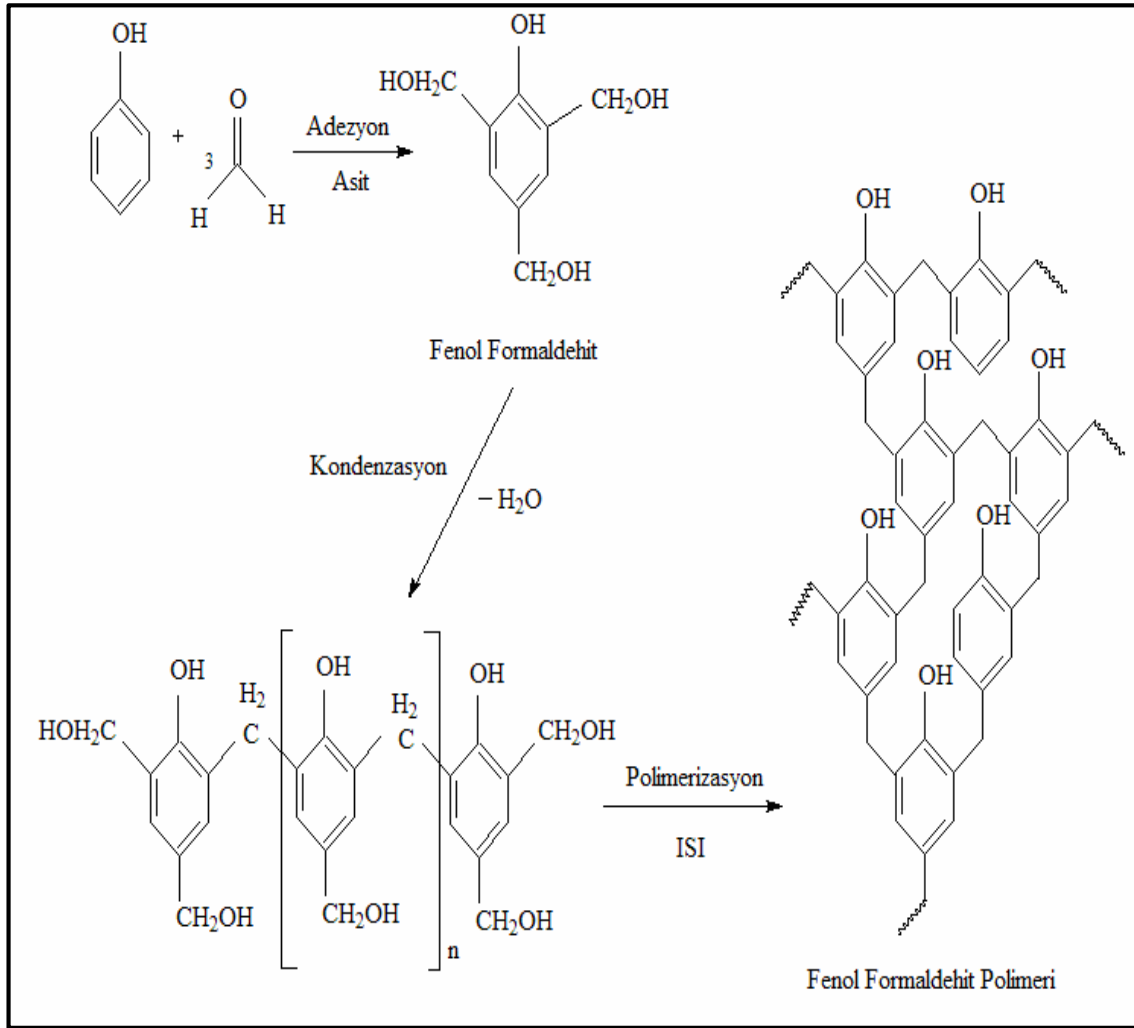


Şekil 15: Üre/Formaldehit mol oranına bağlı sertleşme süresi (Eroğlu ve Usta, 2000).

Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehitin (FF) temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol ham petrolden elde edilir. Fenol'ün temel bileşenleri toluen ve benzendir. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir. Bu sıvı, kokusuz, koyu kahverengi ve yanmazdır. İşlem esnasında FF reçinesi, üre formaldehit reçinesi gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiştir. FF çözeltisi, fenol ve formaldehitin 2,2 mol oranlarında formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapıştırılır (Uysal ve Kurt, 2005).

Fenol formaldehit reçineleri de diğer formaldehit reçineleri gibi termoset bir yapıdadır. Dolayısıyla kullanıldığı yerde sertleştikten sonra yeniden yumuşayıp (reaksiyonun geri dönmesi ile) bozunması durumu olmamaktadır. Suya ve diğer dış etmenlere karşı (basınç, sıcaklık) oldukça dayanıklıdır. Bu bakımdan üre formaldehit reçinelerine göre üstün özellikler taşır. Diğer reçinelerden daha pahalıdır. İçerdiği fenol miktarı azaltılarak, fenol yerine alternatif başka bileşikler kullanarak ya da farklı kimyasal katkıları eklenerek üretimde ekonomi sağlanmaya çalışılır. En tehlikeli polimerizasyon reaksiyonu fenol formaldehit reçinelerinde görülür. Fenol çok aktif bir bileşik olduğu için reaksiyon hızı kontrol edilemeyip reaktörde patlamalara yol açabilir (Biçer, 2014). Şekil 16'da fenol formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu görülmektedir.



Şekil 16: Fenol formaldehit kondenzasyon reaksiyonu (Frihart, 2005).

Fenol reçineler üreden daha yavaş ve daha yüksek sıcaklıklarda sertleşirler. Fenol reçineler oldukça yüksek molekül ağırlıklıdır. Fenol formaldehit tutkalı rutubete, suya, atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağladığı için açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Ancak, koyu renkli oldukları için levhalarda koyu renk söz konusu olmakta veya küçük kırmızı lekeler şeklinde görüntüler oluşturmaktadır. Fenol formaldehitin sertleşmesi için gerekli olan sıcaklık üre formaldehit tutkalından daha fazladır. Levhanın orta kısmındaki pres sıcaklığı 120-150 °C olmalı ve pres levhalarının sıcaklığı ise 200 °C' ye ulaşmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Genel olarak fenolik tutkallar her türlü koşullar altında yüksek mukavemet özelliğine sahip bulunmaktadır. Uzun zaman açık hava şartlarına maruz kalmaları halinde dahi gözle görülen

herhangi bir bozulma ve değişiklik meydana gelmemektedir (Güler, 2001). Fenol formaldehit tutkalı 2 farklı metotla üretilmektedir. Bunlar novalak ve resoldür.

Resol, A durumunda Resol, B durumunda Resol (Resitol) ve C durumunda Resol (Resit) olmak üzere üç durumda bulunur. Resol alkali şartlar altında üretilen fenolik bir reçinedir. (pH 7 den büyük) formaldehit mol oranı fenole göre daha çoktur. Resol, novalaktan oldukça farklıdır. Yüksek sıcaklıkta bir sertleştirici ilave edilmeden geri dönüşü olmayan sertleşme sağlanır. Bu nedenle bu tür yapıştırıcılar termosetting olarak adlandırılır. Resollerde fenolün formaldehite oranı; 1:1,8-1:2,2 arasında değişmektedir. Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. Yüksek alkali miktarı, kullanım yerinde daha fazla su absorbe etmesine neden olur (Biçer, 2014).

Novalak asit ortamda (pH 7 den daha az) fenol ve formaldehitten üretilir. Bu tür reçinede fenol mol oranı formaldehite göre daha fazladır. Bunlarda ise fenolün formaldehite oranı; 1:0,8-1:1 arasında değişmektedir (Biçer, 2014). Hava şartlarına karşı dayanıklı oluşu nedeniyle daha çok açık hava ve klimatize edilemeyecek yerlerde kullanılacak levhaların üretiminde kullanılır. Tutkalın kırmızımtırak kahverengi oluşu nedeniyle, bazen levha yüzeyinde lekelenmeler görülebilir. %12-15 oranında tam kuru tutkal miktarı suya karşı yeterli direnç sağlayabilmektedir. Yonga rutubetinin ise tutkallama sırasında %4-8 olması gerekir (Karakuş, 2007).

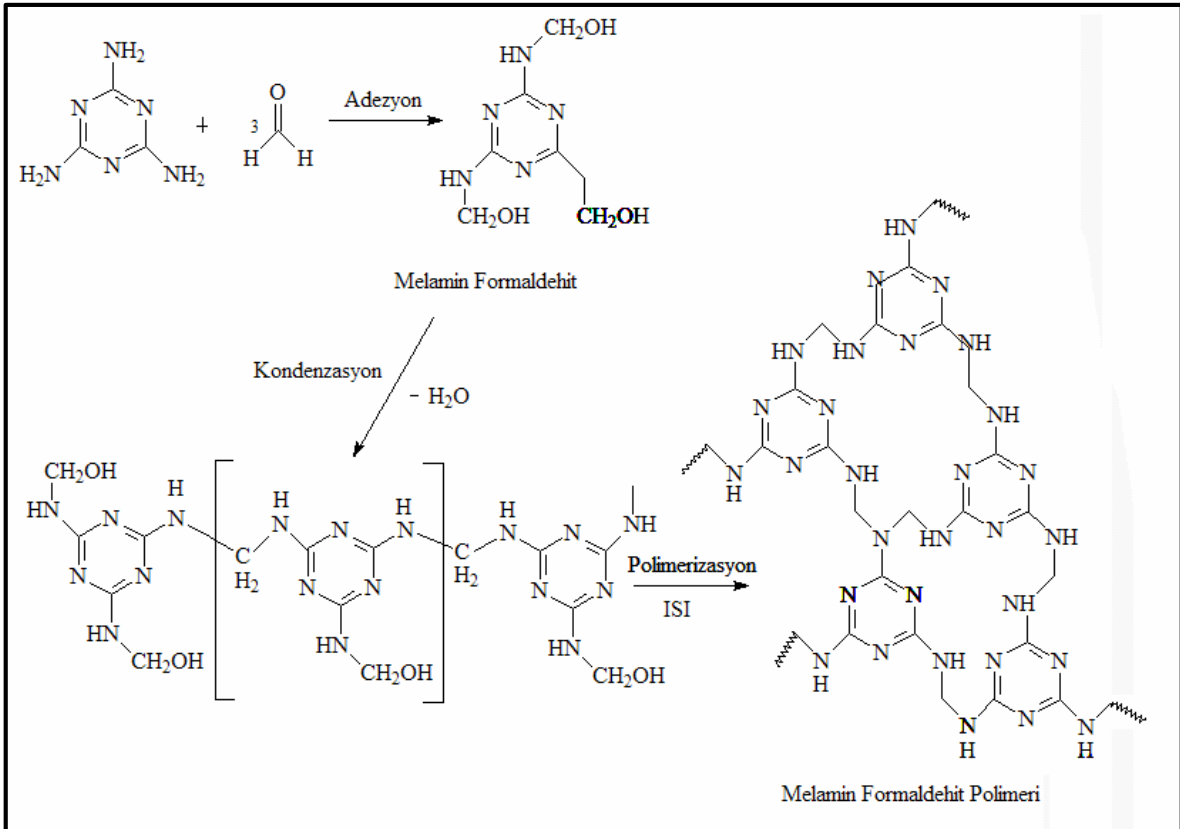
Orman ürünleri endüstrisi için novalak üretimi çok fazla önem arz etmez. Oduna dayalı endüstrilerde kullanılan novalak tutkalı metilol grupları bloklaşarak değişime uğratılmış fenol-formaldehit resol tutkalıdır. Sertleştirme için bir sertleştirici olarak paraformaldehit ilavesine ihtiyaç duyulur (Biçer, 2014).

Dış ortamlarda kullanılacak yonga levha ve MDF üretiminde fenolik yapıştırıcıların tercih edilmesi durumunda en büyük dikkat tutkalın formülasyonundan çok tutkalın uygulanmasına verilmelidir. Levhanın presleme süresi; tutkalın tipine, reaktifliğine ve rutubet içeriğine bağlı olarak değişir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu, üre ile formaldehitin reaksiyonuna benzer. Formaldehit ilk olarak metilol bileşiklerini oluşturmak için melaminin amino grupları ile reaksiyon verir. Formaldehitin melamine ilavesi üreden daha kolay olmaktadır. Melamindeki amino grubu kolayca ikiden fazla formaldehit molekülünü kendine bağlayabilir. Böylece, altıdan fazla formaldehit molekülü bir melamin molekülünü çekebilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Melamin reçinesi çözeltisi üre reçinesi kadar depolamaya elverişli değildir. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edildiği takdirde toz halindeki tutkal bir yıl dayanabilmektedir. Melamin reçinesinin üretiminde en önemli nokta, karışımın en kısa süre sonunda 90 °C' ye gelmesi ve renginin saydamlaşmasıdır. Reaksiyonun tamamlanma süresi, su toleransı miktarına göre yapılmaktadır ve ayarlanmaktadır. Üretimi gerçekleşen melamin reçinesi sevk edilmeden önce yoğunluk, pH, katı madde yüzdesi, su toleransı tayinleri yapılmaktadır (Biçer, 2014). Şekil 17' de melamin ve formaldehitin kondenzasyonu görülmektedir.



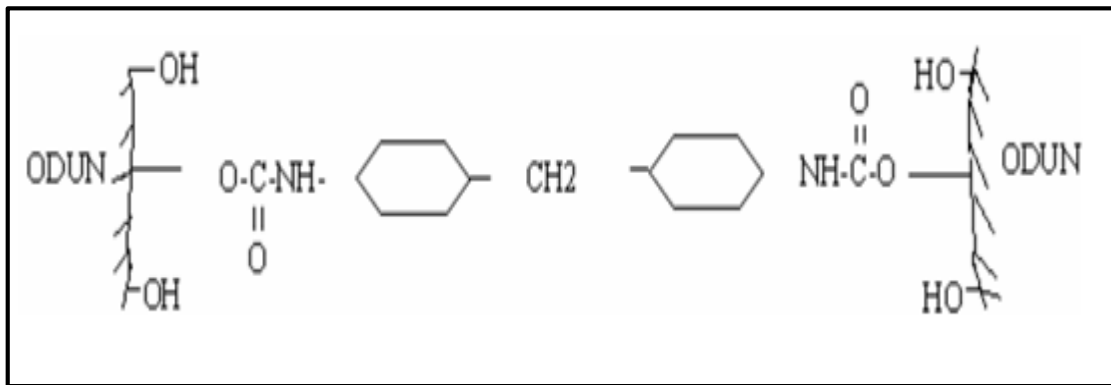
Şekil 17: Melamin ve formaldehitin kondenzasyonu (Frihart, 2005).

Melamin reçinesi maliyeti pahalı olduğu için üre formaldehit kadar kullanılmaz. Ancak melamin reçinesine üre katılıp ucuzlatabilir. Sulu çözeltinin ömrü çok az olup 3 hafta dayanabilir. Melamin reçinesi daha çok kat ve tabakalar halinde yapıştırılan ve kaynatmaya karşı dayanıklılık isteyen ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılır (Güler, 2001).

İzosiyanat Tutkalı

İzosiyanat tutkallar, polimerik difenilmetan (PMDI) diizosiyanat tutkalı ve emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı (EMDI) olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Polimerik difenilmetan diizosiyanat tutkalı, II. Dünya savaşı boyunca geliştirilmiştir. Ancak ilk kullanımı 1960'lı yıllarda, yaygın kullanımı ise 1980' li yıllarda olmuştur. Bu tutkal rutubete karşı yüksek direnç göstermesi, düşük presleme süresi ve FF tutkalının çok üstünde direnç özelliklerine sahip olması gibi birçok avantajının yanı sıra kullanımının ilk yıllarında özellikle yonga levhanın pres plakalarına yapışması, fiyatının yüksek olması gibi dezavantajları da vardır (Schmidt, 1998).

İzosiyanat tutkalı olarak bilinen difenilmetan-diizosiyanatın özelliği her iki ucunda bulunan izosiyanat grupları vasıtasıyla odundaki hidroksil (OH^-) grupları ile reaksiyona girerek ürean zincirleri oluşturmasıdır. Amino ve fenoplast tutkallarda yapışma spesifik adezyonla gerçekleşirken, izosiyanat tutkalında gerçek kimyasal bağ oluşmaktadır. İzosiyanat tutkalı su içermediğinden ve kullanılan tutkalın tümü bağlayıcılık görevini yapmasından dolayı iyi bir yapışma sağlar. Tutkallamada yonga rutubeti artmaz ve presleme süresini olumlu yönde etkiler. İzosiyanat tutkalı sulu çözelti halinde de kullanılabilir (Özen, 1980). Şekil 18'de izosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler görülmektedir.



Şekil 18: İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler (Özen, 1980).

Resorsin Formaldehit Tutkalı

Resorsin formaldehit reçinesi, 1 mol resorsinin 1 mol'den az formaldehit ile birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Sertleştirici madde olarak çoğunlukla paraformaldehit kullanılmaktadır. Resorsinol fenolik bir maddedir, ancak fenole göre çok daha fazla reaktiviteye sahiptir. Bu reçinelerin en önemli avantajı ortam sıcaklığında sertleşebilmesidir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Fenol formaldehit reçinesine göre 5-6 kat daha pahalı olup, her türlü açık hava şartlarına, asitlere, alkalilere ve diğer çözücülere karşı dayanıklı bir tutkal türüdür. Resorsin tutkalı özellikle sıcakta yapıştırma imkânı bulunmayan hallerde fenol formaldehit ile yeterli derecede direnç elde edilemeyen örneğin, kayık, gemi ve uçakların ağaç malzeme kullanılan kısımların tutkalanmasında kullanılır. Resorsin formaldehit sıvı halde olup kırmızımsı erguvani renktedir. %50-60 katı madde ihtiva eden sıvı halde piyasada bulunur. 20 °C sıcaklıkta 9-12 ay depolanabilir. Resorsin reçinesi +20 °C' de, 3-6 saatlik bir süre içerisinde sertleşir ve yapışma özelliğini kazanır (Güler, 2001).

1.3.6.4 Katkı Maddeleri

Levhaların suya ve rutubete karşı dayanımını arttırmak, mantar ve böceklere karşı korumak için, yongalara katkı maddeleri ilave edilebilir. Yonga levhanın özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan bazı katkı maddelerinin görevleri şöyle sıralanabilir (Karakuş, 2007).

- Plastikleştirme,
- Stabilite sağlanması,
- Tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi,
- Tutkal dağılma özelliğinin iyileştirilmesi,
- Yanmayı geciktirmesi,
- Koku gidermesi,
- Malzeme yüzeyine toz birikmesini önleme,
- Sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme,
- Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilmesidir

Hidrofobik Maddeler

Yonga levhalarda boyut stabilizasyonunun sağlamak amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Bu sayede levhalarda şişme, çanaklaşma veya çarpılma gibi kusurlar daha az görülmektedir. Özellikle mobilya endüstrisinde kullanılan yonga levhalarda hidrofobik maddelerin kullanılması ile bu sakıncalar ortadan kaldırılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yonga levhanın su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Bunlar levhanın su almasını tamamen önleyemezler. Ancak su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su veya yüksek miktarda rutubete maruz kalırsa, bundan etkilenmez. Yonga levhalarda tutkal dışında boyutsal stabilite sağlamak ve levhanın su alarak şişmesini önlemek için çeşitli mumlar ve parafin kullanılmaktadır. En çok kullanılan hidrofobik madde parafindir (Baharoğlu, 2010). Şekil 19’da parafin görülmektedir.

Mumlar, nispeten düşük molekül ağırlığında, basit yapıda, kristalleri iğne şeklinde ve yassı olan maddelerdir. Ticari parafin mumları C_nH_{2n+2} formülünde düz zincirli hidrokarbonlar olup, erime dereceleri 50–100°C arasında değişmektedir. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir. Hidrofobik etkileri, liflerin kılcal boşluklarına girerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engelleme şeklindedir (Eroğlu ve Usta, 2000).



Şekil 19: Parafin (URL-7, 2015).

Parafinin genellikle iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla %0.3–0.5, yapraklı ağaçlarda ise %0,5–1 oranında uygulanmaktadır. Parafin %1-2'nin üzerinde kullanılması halinde tutkallamayı olumsuz etkilemekte ve levhanın direnç özelliklerini düşürmektedir (Özen, 1980; Eroğlu ve Usta, 2000).

Parafinler, emülsiyon halinde hazırlanarak süspansiyona katılırlar. Parafinler önce eritilir, sonra içerisinde emülsiyon yapıcı maddeler bulunan su ile karıştırılır. Ayrıca, su fazına sodyum veya potasyum hidroksit katılarak şiddetli karıştırmaya tabii tutulur. Parafin emülsiyonunda maksimum katı parafin miktarı ağırlık bakımından % 65'dir. Yonga levha yapımında kullanılan parafin homojen olmalı, tutkal, sertleştirici, su ve emprenye maddeleri ile uyumlu bulunmalı, dozajı elverişli olmalıdır (Biçer, 2014).

Sertleştirici Maddeler

Yonga levha üretiminde tutkal çözeltisinin ve tutkallanmış yongaların dayanma sürelerinin mümkün olduğu kadar uzun olması istenir. Diğer taraftan sıcak presleme sırasında üretim kapasitesinin yüksek olması için sertleşmenin kısa sürede tamamlanması arzu edilir. Bu iki isteğin gerçekleştirilmesi için çoğunlukla bir sertleştirici ile birlikte bir tamponlayıcı madde kullanılmaktadır. Ahşap kompozit levha üretiminde sertleştiriciler kullanılan tutkalın türüne ve özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Bazı tutkallarla birlikte sertleştirici kullanılması zorunlu olmasına rağmen bazı tutkallarda ise sertleştiriciye ihtiyaç duyulmamaktadır (Biçer, 2014).

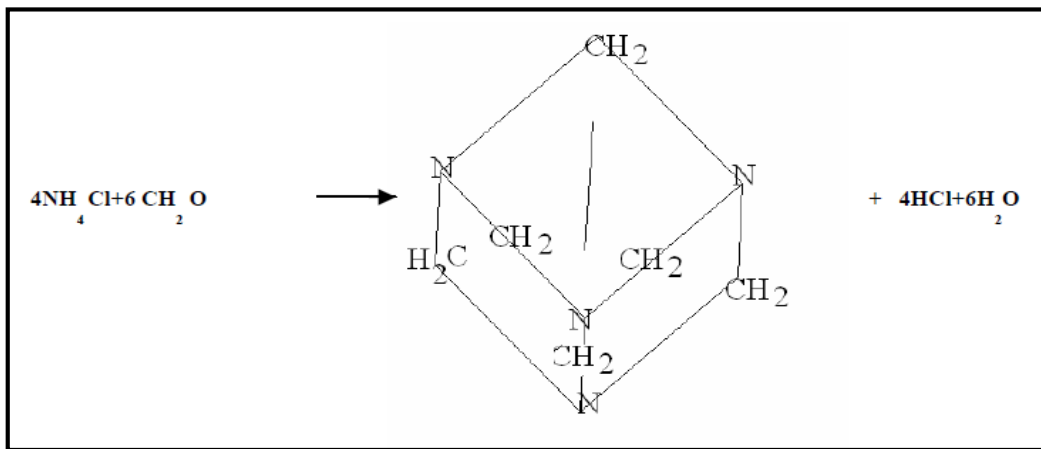
Yonga levha üretiminde tutkal, hazırlama işleminden presleme zamanına kadar herhangi bir sertleşme göstermemelidir. Ancak presleme sırasında tutkalın kısa süre içerisinde sertleşmesi gerekmektedir. Bunun için de üre formaldehit tutkalında sertleştirici olarak amonyum klorür veya amonyum sülfattan yararlanılmaktadır. Ancak amonyum klorür, amonyum sülfata göre daha çok tercih edilir, bunun tercih sebebi ise, amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafında homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H_2SO_4) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur (Bozkurt ve Göker, 1990). Şekil 20'de sertleştirici kimyasallar görülmektedir.



Şekil 20: Sertleştirici kimyasallar; a: Amonyum Klorür (NH₄Cl), b: Amonyum Sülfat ((NH₄)₂SO₄) (Biçer, 2014)

Presleme sırasında sıcaklık etkisi ile amonyum klorür ve formaldehit reaksiyona girerek, hidroklorik asit, heksametilentetraamin ve su açığa çıkar. Ortaya çıkan hidroklorik asit sayesinde tutkal hızlı bir şekilde sertleşir. Fakat daha presleme işlemine geçmeden düşük sıcaklıkta sertleşmenin olmaması için, tutkal çözeltisinin içerisine amonyak veya üre ilavesi yapılmalıdır. Amonyak düşük sıcaklıklarda hidroklorik asidi nötrleştirerek, pres sıcaklığına kadar sertleşmeyi durdurur. Pres sıcaklığında amonyağın buharlaşmasıyla asit tekrar ortaya çıkarak sertleşmeyi gerçekleştirir. Düşük maliyeti nedeni ile üreden çok amonyak kullanılmaktadır (Günsel, 2004).

Fenol formaldehit (FF) tutkalı, sıcaklığın 135–155 °C arasında olması durumunda herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın sertleşebilir, fakat sertleştirici kullanılarak sertleşme hızlandırılabilirdiği gibi, sıcaklığın düşürülmesi de mümkün olmaktadır (Baharoğlu, 2010). Şekil 21’de üre formaldehit tutkalının sertleşmesi görülmektedir.



Şekil 21: Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi (Alvur, 2001).

FF tutkalı için sertleştirici olarak, paraformaldehit veya potasyum karbonat kullanılabilir. Paraformaldehit kullanılması ile sertleşme sıcaklığı 110-125 °C'ye indirilebilmektedir. Daha düşük sıcaklıklara ise rezorsin kullanılmak suretiyle ulaşılabilir. Paraformaldehit ile birlikte rezorsin kullanılması halinde 90-110 °C'de iyi bir sertleşme elde edilebilir. Sertleştirici olarak ayrıca potasyum karbonat da tutkal katı maddesinin %5'i kadar kullanılabilir. Ancak, potasyum karbonat daha sonra levha yüzeylerinde lekeler oluşmasına neden olabilir (Ayrılmış, 2000).

Koruyucu Maddeler

Böcek, mantar ve diğer biyotik zararlılar tabakalı ağaç malzemelere de zarar verirler. Rutubet %18' den fazla ise mantarların derhal yonga levhaya arız olduklarını araştırmalar göstermiştir. Buna karşılık her levha türünün mantarlara karşı dayanıklılığı farklıdır. Fenol formaldehit ile üretilen yonga levhalar için, özgül ağırlık arttıkça, kabuk miktarı azaldıkça ve yapıştırıcı miktarı %12' den başlayarak arttıkça levhanın zararlılara karşı dayanıklılığı artar. Aminoplastik tutkalarla yapıştırılmış levhalarda ise daha levhanın odun kısmı tahrip olmadan tutkal tabakası zarar görür ve yapışma direnci zayıflar. İzosiyanat ve sülfid tutkalı ile yapıştırılmış levhalarda mantara karşı hassastır (Baharoğlu, 2010).

Odun kökenli levha ürünleri tropik bölgeler gibi Mantar ve böcek saldırısı tehlikesinin yüksek olduğu yerlerde kullanılmadan önce koruyucu maddelerle korunması önem arz etmektedir. Koruyucu madde olarak; pentaklorfenol başta olmak üzere, bakır-pentaklorfenol, kromlu bakır arsenat, amonyaklı bakır arsenik, soydum florür veya sodyum sliksilikat kullanılmaktadır (Karakuş, 2007).

Koruyucu maddeler, levhaların içerisinde homojen bir dağılım yapabilmeleri için tutkal çözeltisine karıştırılarak veya orta ve dış tabaka yongalarına püskürtülerek ya da levhanın dış tabakalarına ayrı ayrı sürmek yoluyla uygulanmaktadır. Koruyucu maddeler kuru yonga miktarının yaklaşık %10' u kadar kullanılmalıdır çünkü fazla miktardaki koruyucu madde, hem levhanın makinelerde işlenmesini zorlaştırır hem de yüksek sıcaklıkta levhanın rengini koyulaştırıp, direnci de azaltır (Özen, 1980).

Koruyucu maddeler aşağıdaki şartları sağlamalıdır, (Biçer, 2014).

- Koruyucu madde, tutkalın sertleşmesini engelleyecek ve çok hızlı sertleşmesine neden olacak kadar pH değerini değiştirmemelidir.
- Sıcak preslemede sertleşme süresi ve dolayısıyla presleme süresi uzamamalıdır.
- Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürmemelidir.
- Üretilen levhalar koruyucu madde nedeniyle pis kokmamalıdır.
- Pres daha sonra başka maksatlar için kullanılabilirdir

Yangın Geciktirici Maddeler

Yanmayı geciktirici maddeler bazı levha tiplerinde kullanılmakta olup, yaygın değildirler. Yonga levhanın yanma süresi yanma kalınlığına, özgül ağırlığına, levhanın rutubetine ve direncine, kullanılan yapıştırıcının türüne ve kullanılan odun içerisindeki kimyasal bileşenlere bağlıdır. Yonga levhaların yanıcılık özelliğinin minimuma indirilmesi için bazı kimyasal maddelerle muamele edilmesi gerekir. Bu maksatla; çinko, arsenik ve bakır tuzları kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra, boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler kullanılabilir (Biçer, 2014).

Yanmayı geciktiren maddeler; özellikle çocuk bakım evleri, hastane ve toplu konutlar gibi insan sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılan levhalar için büyük önem arz etmektedir. Çünkü odun ve oduna dayalı levha ürünleri yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında yanıcı gazlar meydana getirmektedirler. Bu gazlar yangının büyümesine neden olduğu gibi yangın sırasında insanların etrafını görmesi ve yangın yerinden uzaklaşmasına engel olmaktadır. Ayrıca solunum sisteminde tahrişe sebebiyet vermektedir. Yanmayı geciktiren maddelerin fazla katılması durumunda ise levhaların hem makinelerde işlemesi güçleştirilmesi hem de yüksek sıcaklıklarda levha renginin koyulaşması gibi problemleri ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, levhaların direnç değerlerinde de azalma meydana gelmektedir (Ayrılmış, 2000).

Avrupa ülkelerinde üre formaldehit (UF) tutkalı kullanılan levhalarda amonyum sülfat, fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda ise amonyum fosfat yanmayı önleyici madde olarak daha çok kullanılmaktadır. Amonyum bileşikleri kullanıldığı durumda sıcaklık etkisiyle amonyum açığa çıkmakta, koruyucu bir gaz tabakası oluşmakta ve odunsu materyalde yüzeysel yangınların içeriye nüfuz etmesini önlemektedir. Böylece malzeme yangın esnasında daha uzun süre dayanım göstermektedir. Bor asitlerinin kullanılmasında ise

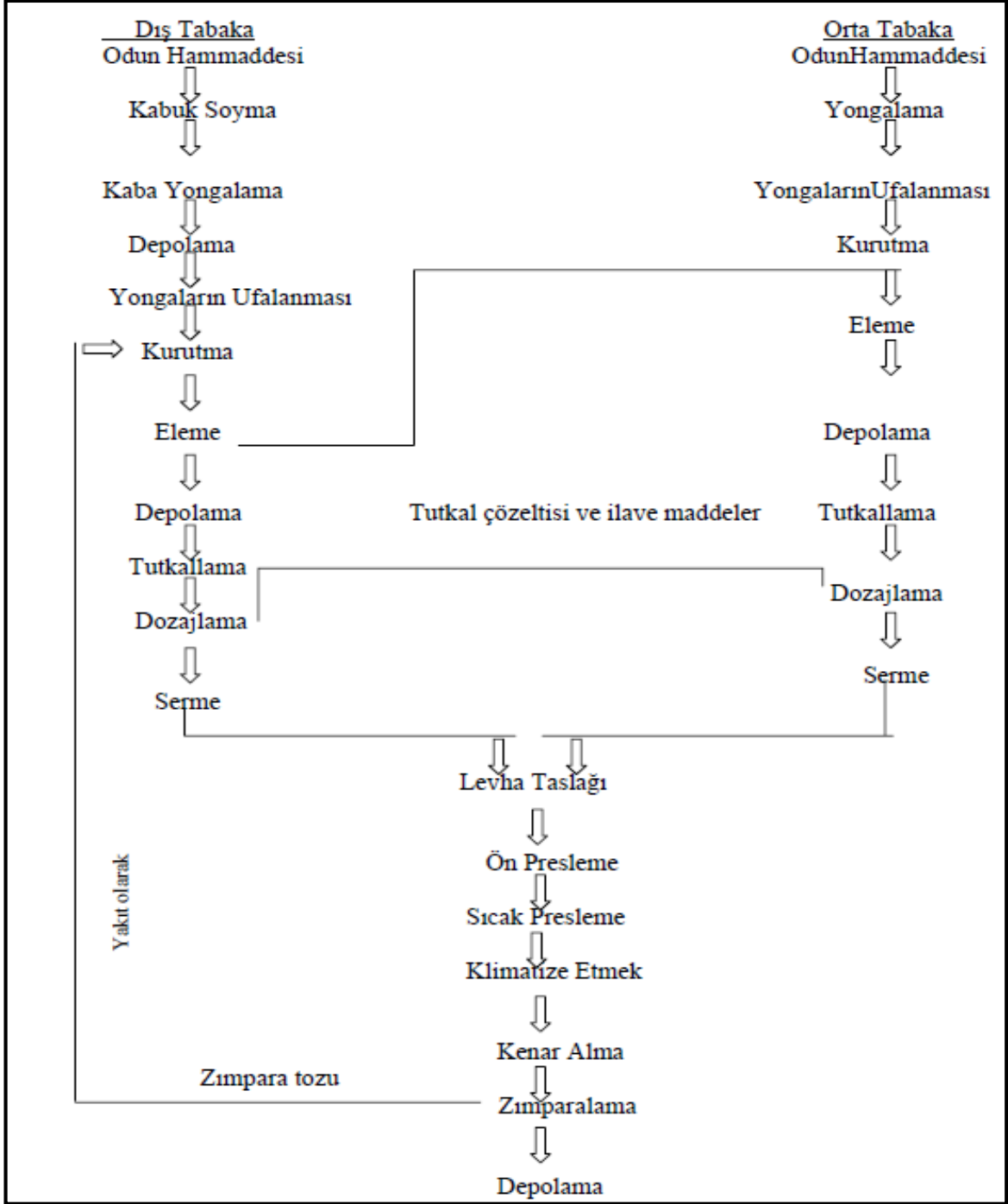
ergime ısısı çok yüksek olduğundan yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklığın yükselmesi önlenmektedir (Ayrılmış, 2000).

Yangın geciktirici maddeler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Biçer, 2014).

- Yangında malzeme yüzeyinde koruyucu bir gaz oluşturan maddeler (amonyum bileşikleri)
- Aşırı sıcaklık karşısında levhanın ısınmasına ve sıcaklığının yükselmesini önleyen maddeler (kristal sulu maddeler)
- Yangın sırasında köpürmek veya kömür tabakası oluşturmak suretiyle oksijenin malzemeye ulaşmasını önleyen maddeler
- Levhanın yanan yüzeyini azaltan maddeler (alüminyum oksit)

1.3.7 Yonga Levha Üretim Teknolojisi

Yonga levha üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi (OKAL TİPİ) ve kalıplanmış yonga levha üretimidir. Bunların dışında Termodin metodu, Collipres metodu, Werzalit metodu da bilinmektedir. Bütün üretim metotların da temel olarak işlemler aynıdır (Dayanıklıoğlu, 2004). Şekil 22’de yatık yongalı levha üretiminde iş akışı görülmektedir.



Şekil 22: Yatık yongalı levha üretiminde iş akışı (Özen, 1980, değiştirilerek).

Üretim teknolojileri arasındaki farklılık presleme tekniği, serme işlemi veya kullanılan bağlayıcıdan kaynaklanmaktadır. Presleme metoduna göre, levhalar yatık yongalı levha ve dik yongalı levha olarak adlandırılırken, presleme metodu hepsinde yatık olarak uygulandığı halde, serme işleminin farklılığından dolayı tek katlı ve çok katlı levhalar ile yönlendirilmiş levhalar elde edilebilmektedir. Kalıplanmış levhalarda yonga levhalarda ise elde edilecek

ürünün nihai şekline göre özel kalıplar kullanılarak presleme yapılmaktadır. Kullanılan bağlayıcılar çimento ve alçı olunca, üretilen levhalarda buna uygun olarak çimentolu veya alçılı yonga levha olarak isimlendirilmektedir. Kısaca yukarıda belirtilen farklılıklar dışında diğer üretim safhaları hemen hemen aynıdır (Dayanıklıoğlu, 2004).

Yonga levhalar, presleme öncesi mekanik veya havalı sermenin kullanıldığı kuru yöntemle ve genellikle üç tabakalı üretilirler. Levha üst yüzeyleri ince yongalardan, orta tabaka ise kaba yongalardan oluşur. Sıcak preslemeden sonra levhaların uygun bir şekilde soğutulması gerekmektedir. Bu amaçla yıldız soğutucular kullanılmaktadır. Soğutma işlemi uygulanmadan istiflenen üre formaldehit ile yapıştırılmış yonga levhalar rutubetin de etkisi ile bozulmakta ve yapışma direnci azalmaktadır. Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda ise soğutma uygulanmaksızın istifleme yapmanın bir sakıncası olmamaktadır. Levhalar soğutulduktan sonra daire testerelerle standart boyutlara veya müşteri isteği doğrultusunda istenilen boyutlara getirilirler. Boyutlandırılan levhalar yüzey düzgünlüğünü artırmak, kalınlık hatalarını gidermek, sonradan uygulanacak yüzey işlemlerine hazır hale getirmek için zımparalanmaktadır. Zımparalama için genellikle 2-4 (fabrika büyüklüğüne göre değişebilmektedir) silindirik zımparalama makineleri kullanılmaktadır. Zımparalamadan sonra yonga levhalar yüzey görünümlerine göre sınıflandırılmakta ve düz altlıklar üzerine istiflenmektedirler (Dayanıklıoğlu, 2004).

1.3.7.1 Odun Hammaddesinin Depolanması

Ülkemizde odun üretimi yılın her ayında ve her mevsiminde olmadığı için, fabrikalar yıllık hammadde gereksinimini depo etmek zorundadırlar. Fabrikaların depolama kapasitesi fabrikanın yıllık hammadde gereksinimine denk olmalıdır. Depoda tomruklar, kapak tahtaları, çıtalar, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunları, yerli ve yabancı ağaç odunları, levhanın dış ve orta tabakaları için yongalar elde edilmek üzere ayrı ayrı istif edilmelidir. Depolamada; çürüklük ve mantar tahribatına karşı hava sirkülasyonunun iyi bir şekilde sağlanmasının yanında kabukları iyice soyulmuş olması ve odunun toprak zeminin üzerinden yaklaşık 50 cm'lik mesafede depolanması gerekmektedir. Fakat depolamak yerine en uygun yöntem malzemenin hemen üretime verilmesidir çünkü depolama esnasında hammadde çürüme, oksidasyon lekesi, lif ayrılması gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalır (Karakuş, 2007).

1 m² depo alanına yaklaşık olarak 1,5 – 2 ster odun istiflenebilmektedir. İstiflere hammaddenin taşınmasında çeşitli alet ve tesislerden yararlanılmakta, dekovil hatları veya dizel lokomotiflerle çekilen lastik tekerlekli arabalar ile asma köprülü vinçler kullanılmaktadır. Çoğunlukla yonga levha fabrikalarında taşımada zincirli veya bantlı konveyörler kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).



Şekil 23: Odun hammadde sahası (Biçer, 2014).

Şekil 23'te odun hammadde sahası görülmektedir. Gereğinden fazla depolama bazı istenmeyen durumlara neden olduğundan, hammadde sahasında genellikle 3 – 6 aylık odun hammaddesi depolanmalıdır.

1.3.7.2 Kabuk Soyma

Kabuk düşük yoğunlukta, kısa lifli ve mukavemeti az olmasından dolayı levha üretiminde istenmemektedir. Üretimde kullanılacak tomruklar, kabukları ormanda kesimden sonra soyularak ya da nadiren de olsa ormanda yongalama yapılarak fabrikaya getirilebilir. Ancak, genellikle odunlar fabrikaya kabuklu olarak geldiğinden kabuklarının soyulması gereklidir (İstek, 1999).

Odunda kabuğun soyulması halinde %10–15 oranında organik madde uzaklaşmakta, dolayısı ile verim düşmektedir. Kabuğu tamamen uzaklaştırmak her zaman ekonomik olmadığı gibi çoğu zaman mümkünde olmaz (Suchsland and Woodson 1987). Kabuk soymadaki kayıplar, kullanılan makine, yöntem, operatörün dikkat ve bilgisine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle kabuk soyma ile ağırlık olarak %7–10, hacim olarak ise %10–15 oranında hammadde kaybı olmaktadır (Biçer, 2014).

Kabuk soyma işlemi genellikle sürtünme, kesme, koparma ve ezme yoluyla olur. Mekanik, hidrolik ve kimyasal yöntemlerle kabuk soyma işlemleri yapılır. Yonga levha üretiminde üst tabakada kullanılacak yongaların kabuklarının soyulmuş olması önemlidir. Çünkü kabuklar normalden daha fazla tutkal absorbe eder ve üst yüzeyde tutkal yığılması meydana gelir. Bu tutkal tabakası ise zımparalama işlemi sırasında üst yüzeyden uzaklaştırılır. Bu durumda ise hammadde kaybı meydana gelmektedir. Ancak orta tabakada kullanılacak yongaların kabuklarının soyulması zorunlu değildir. Kullanılacak hammadde kabuk miktarının % 12-15 den fazla olmamasına dikkat edilmelidir (Biçer, 2014). Şekil 24' te döner tamburlu kabuk soyucu görülmektedir.

Kabuk soymada kullanılan yöntem ve makineleri şu şekilde sıralayabiliriz (Biçer, 2014)

- Mekanik Kabuk Soyma Makineleri
 - Bıçaklı Kabuk Soyucular.
 - Sürtünme ve Asındırıcı Kabuk Soyucular
 - Döner Başlıklı Kabuk Soyucular
 - Silindir Boşluklu Kabuk Soyucular
 - Depolu ya da Cepli Kabuk Soyucular
- Hidrolik Tipi Kabuk Soyucular
- Buhar Patlaması ve Kimyasal Olarak Kabuk Soyma



Şekil 24: Döner tamburlu kabuk soyucu (Biçer, 2014)

1.3.7.3 Yongalama

Elde edilen yongaların boyutları ve özellikle kalınlık ve uzunluğu diğeri bir deyimle yonga geometrisi levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Yonga kalınlığı arttıkça eğilme direnci değerlerinde azalma fakat yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerinde artış görülmektedir. Yonga uzunluğu arttıkça eğilme direnci artmasına rağmen yüzeye dik yönde çekme direncinde bir azalma görülür. Yonga içerisindeki toz miktarının artışı eğilme ve yüzeye dik çekme direncinin azalmasına neden olur (Karakuş, 2007).

Odun yongalanması sırasında düzgün yüzeyli ve kaliteli yongaların elde edilebilmesi için rutubetin % 30-60 olması gerekir. Rutubetin az olması durumunda fazla miktarda toz oluşur ve yonga verimi düşer. Bu durum hammadde maliyetini arttıran en önemli durumlardan biridir. Rutubetin fazla olması durumunda ise yongaların kurutma masrafları artar ve elde edilen yongaların yüzeyleri lifli hale gelir. Lifli yongalar yapışmanın hatalı olmasına neden olur. Bu nedenle uygulama halindeki odun rutubeti % 30'dan az ve % 60'dan fazla olmamalıdır (Güler, 2001). Yongalama kaba, orta ve ince olmak üzere üç farklı şekilde yapılır;

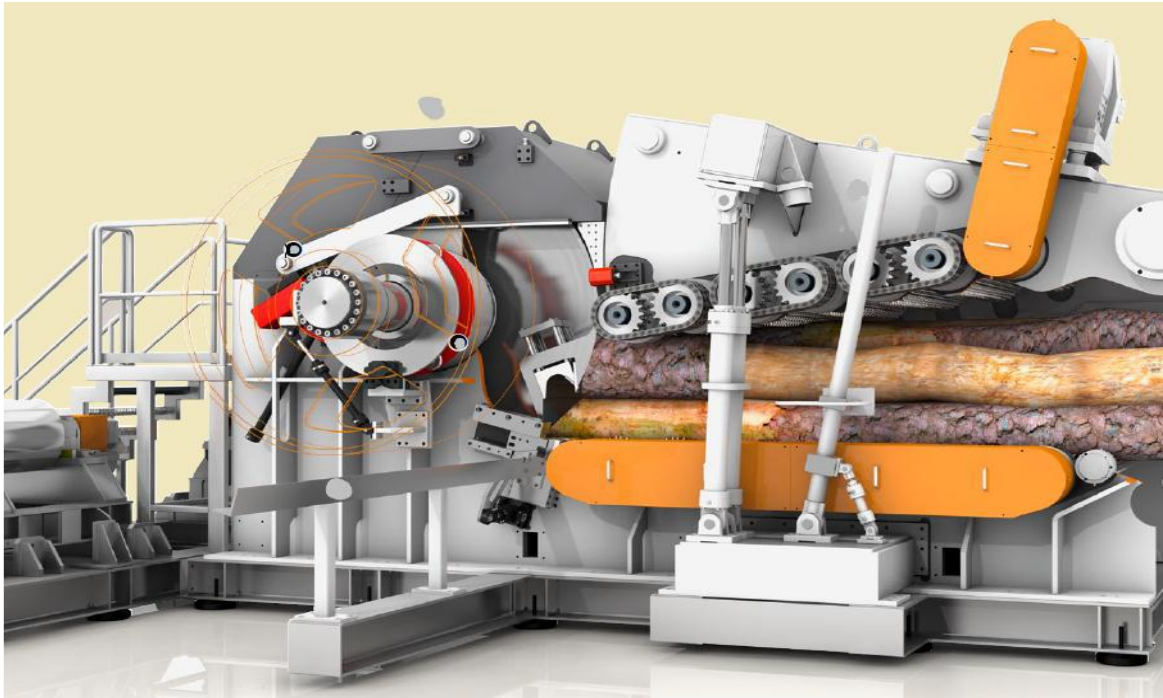
Kaba Yongalama

Bu tip yongalayıcılarla büyük yongalar elde edilir. Değirmenlerde ufalanacak olan kaba yongaların boyları 10-30 mm, ince yongalama makinelerinde inceltilecek, ufalanacak olan kaba yongaların boyları ise 30-60 mm arasında değişir. Şekil 25'te odundan ve diğeri sanayi atıklarından elde edilen yongalar görülmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).



Şekil 25: Odundan ve diğer sanayi atıklarından elde edilen yongalar (URL-8, 2015).

Odunlar ya liflere dik olarak ya da liflere 45 ° lik açı yapacak şekilde kesilirler. Kaba yongalama makineleri, ince dallardan, kereste endüstrisi atıklarından olan kırıntılardan, kontrplak ve kaplama fabrikaları atıklarından, çalı ve yıllık bitki demetlerinden kaba yongalar kesmeye yararlar (Bozkurt ve Göker, 1990). Şekil 26' da Hombak typ HMT tamburlu yongalama makinesi görülmektedir.



Şekil 26: Hombak typ HMT tamburlu yongalama makinesi (URL-8, 2015).

Normal Yongalama

Normal yongalama, yuvarlak odundan doğrudan doğruya levha üretimine uygun kalınlık ve uzunlukta yonga kesilmesine denir. Yonga levha için en uygun bıçak yönü lif yönüne dik olan liflere paralel yöndeki kesiştir. Ayrıca bıçak yönü lif yönüne meyilli olan kesişte aynı şekilde uygundur. Her iki kesişte makinede bulunan kenar bıçakları tarafından yongalar uzunluğuna kesilmiş olur. Yonganın eni ise önemli değildir. Çok ince olması nedeni ile kolayca lif yönünde kırılarak kendiliğinden daha dar yongalar oluşur. Normal yongalama için diskli ve silindirik yongalama makineleri kullanılır (Bozkurt ve Göker, 1990). Şekil 27’ de normal yongalayıcı makro değirmen görülmektedir.



Şekil 27: Normal yongalayıcı makro değirmen (Biçer, 2014).

İnce Yongalama

Levha üretiminde uygun olan yongaları değişik durumlarda ilk olarak elde etmek mümkün olmadığından, kaba ve normal yongalar bir defa daha özel makinelerden ve değirmenlerden geçirilerek boyutları küçültülmektedir. Düzgün yüzeyli bir yonga levha üretimi için normal yongalama makinelerinden gelen materyalin ince yongalama makinelerinde işleme tabi tutulması gerekmektedir. Genellikle ince materyalin üretilmesinde Şekil 28’ de görülen elekli değirmenler tercih edilir. Her türlü yonga, elekli değirmenlerde inceltilbilir (Bozkurt ve Göker, 1990).



Şekil 28: Pallmann ince yongalayıcı mikro değirmen (Biçer, 2014).

Yongalama makineleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Biçer, 2014).

- Kaba Yongalama Makineleri
 - Silindirli (Çevresel veya Tamburlu) Kaba Yongalama Makinesi
 - Diskli Kaba Yongalama Makinesi
- Normal Yongalama Makineleri
 - Silindirli Yongalama Makinesi
 - Diskli Yongalama Makinesi (Yatay Diskli ve Düşey Diskli)
- İnce Yongalama Makineleri
 - Diskli Değirmen

- Elekli Değirmen (Hammaddenin Makineye Verilişine Göre (Çevreden veya Merkezden Beslenenler) ve Bıçakların Özelliklerine Göre (Harçlı değirmenler, Çok Çekiçli Değirmenler, Çekiçli Değirmenler, Kesici Değirmenler)

Yongalayıcı Kapasitesi ve Yonga Verimi

Yongalama makinelerinin kapasiteleri odun ve makineyle ilgili birçok elemanlara bağlıdır. Bunların başında odunun boyutları, yonga kalınlığı, makinenin yapısı, materyalin makineye veriliş biçimi, emme tertibatı, vb. gelir. Odunun özgül ağırlığı arttıkça bıçağın dayanma süresi azalır. Körelmiş bıçak ise verimi düşürür. Çok hafif odunlarda ise (kavak) bıçak ağzının önünde birikme yaparak kesme kuvveti gereksinimini artırır. Rutubetli odunların kaliteli yonga verimi yüksek, toz miktarı ise azdır. Ayrıca yonganın yüzeyi daha düzgün ve kalınlığı homojendir. Buna ilaveten yongalamadaki kuvvet gereksinmesi daha azdır. Azalan yonga rutubetiyle orantılı olarak toplam yonga verimi düşer ve kalite bozulur (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yonga verimi; üretilen yonganın üretiminde kullanılan oduna oranı ekonomik bakımdan son derece önemlidir. Verimin saptanmasında yonga kaba, normal ve ince olmak üzere 3 gruba ayrılır. Normal yonga üretiminde ortaya çıkan kaba yongalar boyutları, özellikle kalınlığı bakımından levha üretimi için uygun değildir. Uzunluk ve genişlikteki fazlalıklar giderilebilir, fakat kalınlıktaki fazlalığın düzeltilmesi oldukça zordur. Dış tabaka yongasından çıkan kaba yongalar hemen hemen hiçbir değişiklik yapmadan orta tabakada kullanılabilir. Orta tabaka için üretilen yongaların elenmesinde açığa çıkan kaba yongaların mutlak inceltmeleri veya öğütülmeleri gerekir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Dış tabakalarda yonga kalınlığının 0,15-0,25 mm olması, orta tabakada kullanılan yongaların kalınlıkları 0,25-0,60 mm olması gerekmektedir. Uzunluk ve genişlikler kullanılan eleklerle bağlı olmakla birlikte, genellikle uzunluğun 5mm genişliğin ise 2 mm kadar olması yeterlidir. Düşük özgül ağırlıklı odunlardan elde edilen aynı yoğunluğa sahip yonga levhaların direnç nitelikleri daha iyidir (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.3.7.4 Kurutma

Üretilen yongalar % 30–120 arasında çok değişik rutubet derecelerine sahiptir. Yongaların rutubetinin fazla veya kuru olması tutkallın sertleşmesini engeller, levhanın patlamasına, toz miktarının ve yangın tehlikesinin artmasına, pres kapanırken hafif yongaların yüzeyden uzaklaşmasına, yanlar alınmadan önce kopma ve kırılmanın meydana gelmesi gibi sorunlara neden olabilmektedir. Bunu önlemek için, levhanın presten çıkış rutubetine göre, yongaların % 3–6 arasında değişen rutubete kadar kurutulması gerekmektedir. Bu maksatla döner silindiri, borulu, tamburlu, tablalı, çok bantlı, kontakt, türbünlü, girdaplı ve süspansiyon tipi kurutucular kullanılmaktadır. Bu makinelerde yüksek sıcaklık uygulanarak kurutma yapılmaktadır (Özen, 1980).

Genelde, yonga rutubetinin tutkallama öncesi %2-3 olması gerekir. Tutkallanmış yonga rutubetinin ise %10-18 arasında olması istenmektedir. Yongaların rutubet miktarları kullanılan tutkal tipine, miktarına ve pres öncesi yüzey tabakalarının nemlendirme derecesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Presleme tekniği bakımından dış ve orta tabaka yongalarının rutubetlerinin farklı olması faydalıdır. Bunun için; her iki tabakanın yongası da ayrı rutubete kadar kurutulur ve levha taslağı hazırlanırken ve hazırlandıktan sonra pres saçlarına su püskürtülür ya da dış tabaka yongaları daha az kurutulur (Biçer, 2014).

Yongaların rutubetleri normalden fazla ise çok rutubetli yongalar sıcak presleme esnasında yonga levhanın orta kısmında buhar kabarcıklarının oluşmasına neden olur. Bunlar levha preste iken uzaklaşmazlarsa levha yüzeyinin bozulmasına ve tutkallın sertleşmemesine neden olurlar. Bundan dolayı presten çıkan levhalarda da patlamalar meydana gelir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yongaların kurutulmasında ısı transferi doğrudan doğruya temas, konveksiyon ve radyasyon yoluyla ve bunların kombinasyonu şeklinde olur. Şekil 29'da Büttner tamburlu kurutucu görülmektedir. Temas yoluyla kurutma; uzun bir işlemdir, buna karşılık en basit yöntemdir. Işımayla tüm yüzeyde kurutma sağlanırken, temas yöntemiyle ise sadece temas eden yüzey kurutulabilir. Konveksiyon yoluyla kurutma; temas yoluyla kurutmaya göre daha kısa olup yongaların başlangıç rutubeti, yonga büyüklüğüne, kalınlığına ve kullanılan havanın sıcaklığı ve hızına bağlıdır. Radyasyon yoluyla kurutmada ise; kurutma süresi daha uzundur

ve pahalı bir yöntemdir. Yongaların kurutulması konveksiyon kurutma kurallarına uygun olarak iki kademedede gerçekleşir; birinci kademedede lümenlerdeki serbest su (kapiler) uzaklaşmakta, ikinci kademedede ise higroskopik yani bağlı su uzaklaşmaktadır (Biçer, 2014).



Şekil 29: Büttner tamburlu kurutucu (URL-8, 2015).

Kurutma makinelerinde yakıt olarak doğalgaz, propan, fueloil kullanıldığı gibi zımpara tozu da kullanılabilir. Kurutucularda sıcaklık 600-800 °C' ye kadar çıkabilmektedir. Yongaların kurutulma süresi kısa olduğu için yongalar kurutucu içinden çabuk geçirilirler. Eğer kurutucu içerisinde herhangi bir tıkanıklık olursa yangın çıkar ve ciddi problemlere sebep olur. Kurutucular yangın ve patlama tehlikelerinden dolayı yonga levha fabrikalarında en tehlikeli kısımlarından birini oluştururlar. Yongalanacak hammaddeler arasında rutubet miktarları bakımından büyük farklılık varsa bunlardan elde edilen yongaların ayrı ayrı kurutulması tavsiye edilmektedir. Yongalar yaklaşık %2-5 rutubete kadar kurutulur (Akbulut, 2000).

Yonga levha tesisinde en tehlikeli kısım kurutmadır. Kurutma hızı ve kalitesi bakımından odunun tutuşma noktasının üzerinde bir sıcaklıkta çalıştığından bu noktalarda yongaların yanmasını önlemek için, kuruyan yongaların makineyi bir an önce terk etmesi gerekir. Odunun tutuşma sıcaklığı 200 °C dir. Ancak ekzotermik reaksiyonlar ise 100-150 °C ler arasında başlamakta olup fazla reçine içerenlerde 80 °C dir. Kurutma makinelerinde 500-600 °C de yanık gazlar kullanılır. Ancak yongaların kurumasıyla beraber buharlaşma olduğundan yongaların sıcaklığının 100 °C nin üstüne çıkmadığı bilinmektedir. Yonga, kurutucuların hareketsiz kısımlarında uzun süre kalarak, fazla kuruyan yongaların yanması tehlikesini ortaya çıkarır. Bu tehlikenin bertaraf edilmesi için kurutma işlemi

yapılırken uyulması gereken bazı hususlar ve alınması gereken önlemler vardır (Biçer, 2014). Bunlar;

- Makineyi yapan firmanın önerilerine uymak.
- Kurutucuyu terk eden yongaların hemen soğutulmasını sağlamak.
- Arıza anında öncelikle yonga girişini durdurmak.
- Yanık gaz kullanılan kurutucularda gazın dönüş yolunun kısa olması ve kurutucuda çok az yonga bulunmasını sağlamak.
- Makinelerin temizliğini iyi yapmak ve yanık gazla çalışan kurutuculardaki oksijen seviyesinin yeterli seviyede olmasını sağlamak.
- Makinenin durdurulmadan önce sıcaklığı kesmek ve yavaş yavaş düşürmek
- Makineye giren yongaların ön görülen süre içinde makineyi terk etmesi sağlanmalıdır

1.3.7.5 Yongaların Sınıflandırılması (Eleme)

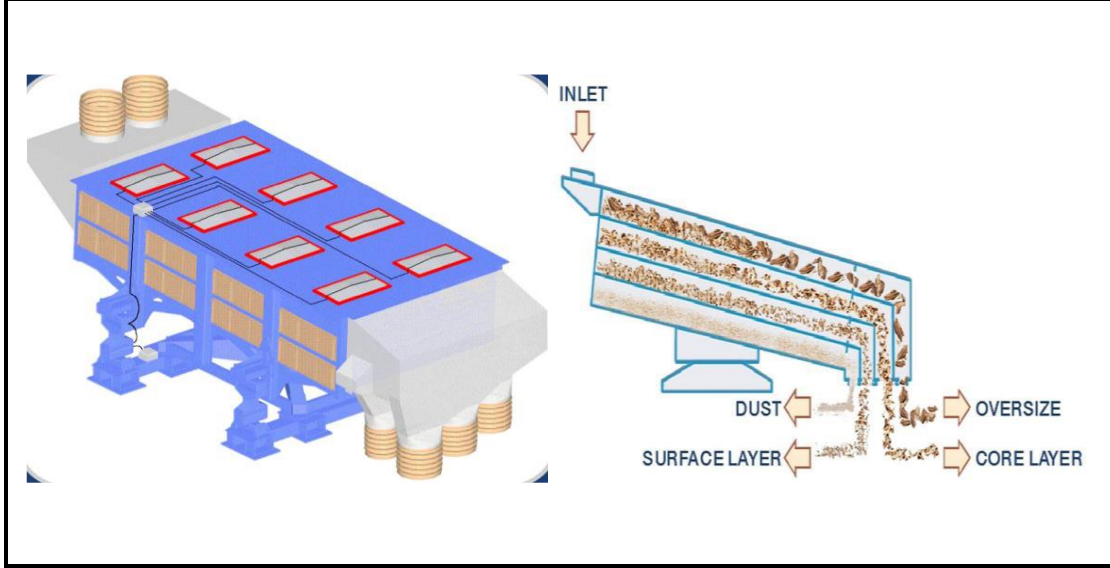
Yongalama makinelerinde heterojen olarak üretilen yongaların bu haliyle kullanılması elde edilecek levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Yongalama makineleri ve teknolojisi ne kadar gelişmiş olursa olsun homojen boyutlara sahip yongalar elde etmek oldukça zordur (Biçer, 2014).

Heterojen yonga kullanımı; levhanın yüzey düzgünlüğünün bozulmasına, porozitesinin artmasına, fiziksel ve mekanik özelliklerinin azalmasına, kenar masifleme işleminde zorluklara ve levha içerisinde yoğunluk farklılıklarına neden olmaktadır. İstenilen boyutlardan daha küçük yongaların kullanılması tutkal tüketiminin artmasına, yapışma ve sermede sorunlara sebep olmaktadır. Yongaları istenilen boyutlarda homojenleştirmek için iki şekilde sınıflandırma ve tasnif işlemleri yapılmaktadır (Biçer, 2014).

Yongaların İçinde Bulunan Kaba ve İnce Kısımların Uzaklaştırılması

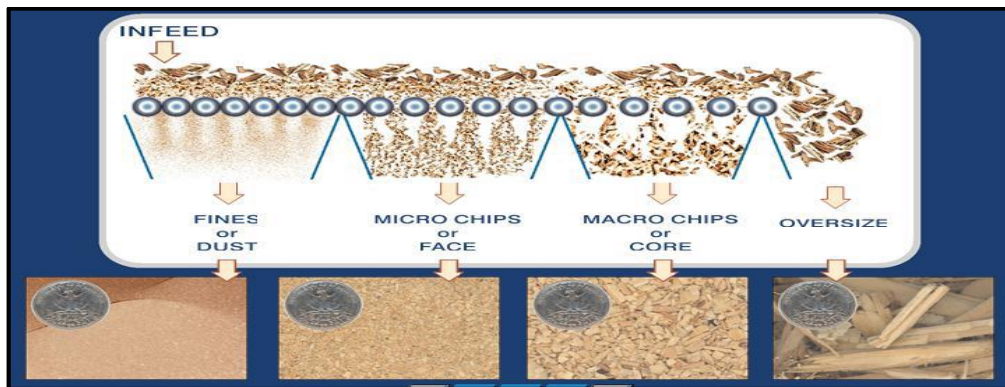
Mekanik sınıflandırma veya tasnif işlemi eleklerle yapılmaktadır. Elekler yongaların yüzey alanlarına göre sınıflandırılmaktadır. Elekler alt alta yerleştirilmiş gözenekli tabanları olan

makinelere. Titreşimli, sallantılı ve dairesel olarak hareket eden elekler mevcuttur. Şekil 30’da yongaların sarsıntılı elekte elenmesi görülmektedir.



Şekil 30: Yongaların sarsıntılı elekte elenmesi (URL-8, 2015).

Eleme işlemleri kapalı ortamlarda yapılmaktadır. Eleğin en önemli elemanı elek tabanıdır. Bunlar gözenek şekillerine göre; çita tabanlı, saç tabanlı, tarak tabanlı, örgü ve ızgara tabanlı elekler olarak da sınıflandırılmaktadır. Şekil 31’de yongaların Pallmann DYNASCREEN elekte elenmesi görülmektedir.



Şekil 31: Yongaların Pallmann DYNASCREEN elekte elenmesi (URL-8, 2015).

Yongaları Boyutlarına Göre Arzu Edildiği Kadar Gruplara Ayırma

Birinci işlem, genellikle yongalama makinelerinden sonra ve kurutma sırasında gerçekleştirilir. İkinci işlem ise, yongaların tasnif edilmesi işlemi içermektedir. Yongaların tasnif edilmesi 2 yöntemle gerçekleşir. Bunlardan birincisi; mekanik, ikincisi ise; hava (pnömatik) yardımıyla yapılan sınıflandırmadır. Günümüzde mekanik sistemin sakıncalarından dolayı yongaların elenmesinde pnömatik sistem uygulanmaktadır.

Havalı sınıflandırıcılar hava direnci ile yüzey ağırlığı arasındaki ilişkiden yararlanarak yongaları sınıflandırmaktadır. Düşme sırasında yongalar üzerine yan taraflardan püskürtülen hava ile ağır yongalar yakına, hafif yongalar uzağa düşürülerek tasnif edilirler. Havalı ayırıcılar 3'e ayrılmaktadır; (Biçer, 2014).

- Üstten veya Yandan Emişli Pnömatik Tasnif
- Yandan Püskürtmeli Pnömatik Tasnif
- Emişli ve Savurmalı Pnömatik Tasnif

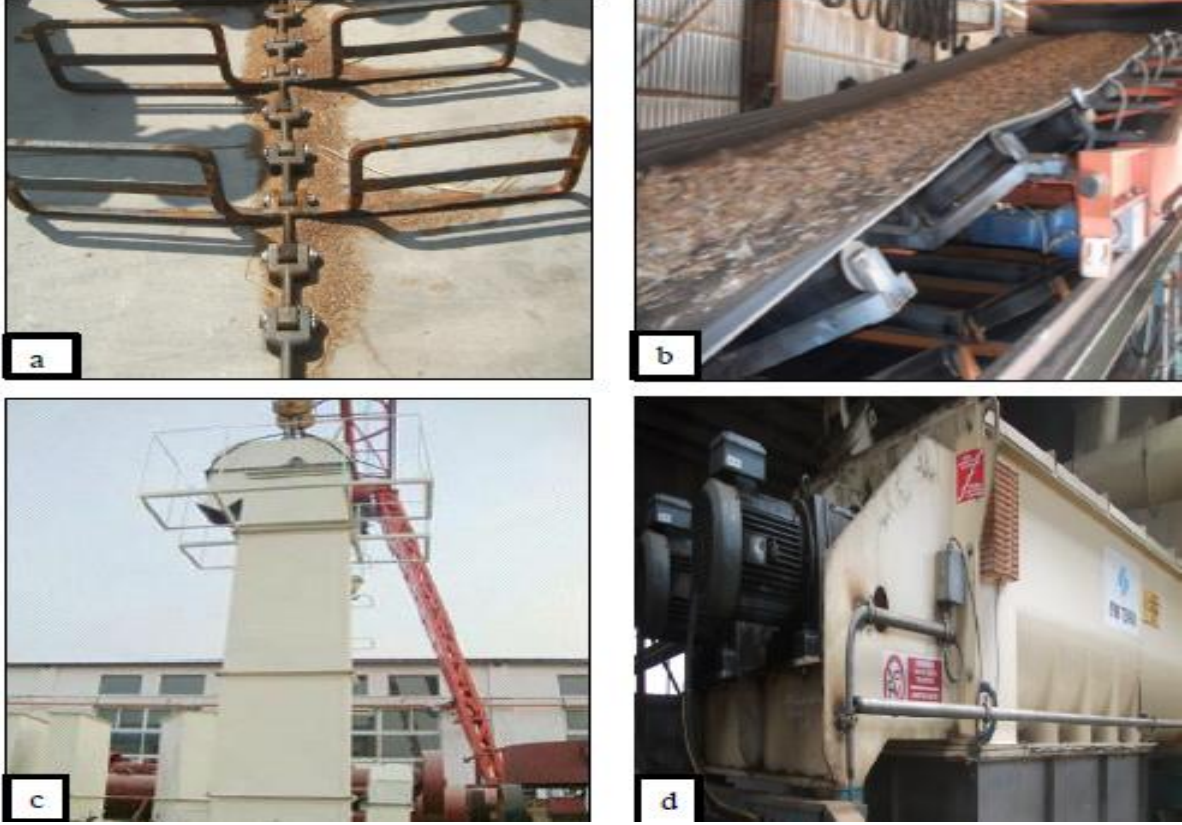
1.3.7.6 Yongaların Taşınması

Yonga levha tesislerinde hammadde depolarından levha üretim aşamasına kadar çeşitli üretim kademelerinde kullanılan taşıyıcı sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bunların yatırım masrafları, işletme masrafları, bakım ve yedek parçaları önemli ölçüde üretim maliyetlerini etkilemektedir. Taşıyıcıların seçiminde hammaddenin özelliğine ve taşıma yapılacak pozisyona göre farklı tipte taşıyıcı kullanılması önemlidir. Ayrıca taşıma sırasında hammadde kalitesi bozulmamalı ve zarar görmemelidir. Kısacası taşıyıcı seçiminde; hammaddenin ağırlık, hacim, rutubet gibi özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yonga levha endüstrisinde kullanılan taşıma sistemleri 2 alt gruba ayrılır; (Biçer, 2014).

- **Mekanik Taşıyıcılar**
 - Bantlı Taşıyıcı
 - Vidalı Taşıyıcı
 - Kazıyıcı Taşıyıcı
 - Zincirli Taşıyıcı

- Sarsıntılı Taşıyıcı

Bazı taşıyıcı tipleri Şekil 32’de görülmektedir.



Şekil 32: Bazı Taşıyıcı Tipleri, a. Zincirli Taşıyıcı, b. Bantlı Taşıyıcı, c. Kovalı Taşıyıcı, d. Vidalı Taşıyıcı (Biçer, 2014).

- **Havalı (Pnömatik) Taşıyıcı**

Mekanik sistemlerden farklı olarak yongaların hava yardımıyla taşındığı bir sistemdir. Şekil 33’te havalı (pnömatik) taşıyıcı görülmektedir



Şekil 33: Havalı (Pnömatik) taşıyıcı (Biçer, 2014).

Pnömatik taşıyıcı kullanmanın avantaj ve dezavantajları ise şu şekildedir (Biçer, 2014).

- **Pnömatik taşıyıcının avantajları;**
 - Yapıları çok basit, maliyeti ucuzdur.
 - Vantilatörü, kepçeli çarkı, siklonu ve borularıyla az yer kaplar. Bunlar içinde en fazla yer gereksinimi olan siklonlar makine parkının dışı olan ve başka bir işe yaramayan çatıya yerleştirilir.
 - Az yer işgal etmeleri nedeniyle bunlar da yapım giderleri çok azdır.
 - Taşıma yönü ve uzunluğunun seçilmesinde bağlayıcı hiçbir koşul yoktur.
 - Her türlü yonga türü kolaylıkla taşınabilir

- **Pnömatik taşıyıcıların sakıncaları;**
 - Az bir yonganın taşınması için çok fazla hava kullanılır.
 - Hava sirkülasyonu için gerekli enerji oldukça fazladır.
 - Islak, ince ve geniş yüzeyli yongalar girişte, köşelerde ve vantilatörde tıkanmalara neden olabilir.
 - Tutkallanmış yongalar giriş kısmını ve vantilatörü kirletir

1.3.7.7 Yongaların Depolanması

Yonga levha fabrikalarında farklı işlemlerle muamele edilmiş yongaların depolanması için silolar kullanılmaktadır. Siloları yaş, kuru yonga ve talaş tozu için kullanılan silolar olarak

sınıflandırmak mümkündür. Silolar yongalama makinelerinden gelen düzensiz olan yongaları toplamaya ve aynı zamanda kurutmaya öğütmeye veya tutkallamaya verilen yongaları toplayıp düzenli şekilde serme makinelerine vermektedirler. Silolar yongaların hareket yönüne göre üçe ayrılmaktadırlar. (Karakuş, 2007) Bunlar;

- Horizontal silo
- Vertikal silo
- Döner silo

Şekil 34’te döner silo görülmektedir.



Şekil 34: Döner silo (Biçer, 2014).

Siloların görevlerini şu şekilde sıralamak mümkündür; (Biçer, 2014).

- Yongaların bir işlemten diğer işleme akışını kontrol etmek, istenilen miktarda hammadde akışını sağlamak.

- Tutkallanmış yongaların toplanıp düzenli olarak serme makinesine verilmesi
- Yongalama işleminden başlayarak levha üretim aşamasına kadar çeşitli aşamalarda meydana gelebilecek kısa süreli arızalarda fabrikasyon akışı devamını sağlayabilme
- Çeşitli üretim aşamalarında meydana gelebilecek kapasite değişikliklerinin üretim kapasitesini etkilemeyecek şekilde devamını sağlamak.
- Doldurma hızını eşit hale getirmek.
- Depolara giren ilk yongaların ilk olarak çıkışını sağlamak.
- Arzu edilen yonga karışımlarını elde etmek

1.3.7.8 Yongaların Tutkallanması

Levha kalitesini, ağaç türünün yanı sıra, büyük ölçüde yapıştırıcı madde de etkilemektedir. Levhalarda yapıştırıcının kaliteli ve yapışma direncinin yeterli olmasından başka, tutkallamanın da kusursuz olması gerekmektedir (Usta, 2011).

Yonga levhanın yapımında yongaların hassas bir şekilde tutkallanması levha kalitesi açısından önemlidir. Yongaların tutkallanmasında yonga yüzeyi ile sıvı tutkal arasındaki oran önemli olup, genellikle 1 m² yonga yüzeyi için 8-12 gr gerekmektedir. Tutkallamanın uniform bir şekilde yapılması levhanın direnç özelliklerini arttırmaktadır. Bunun için değişik sistemler geliştirilmiş olup en uygun olan tutkallama noktasal tutkallamadır. Bu tutkallamada ise tutkal çözeltisini aynı büyüklükte çok küçük taneciklere ayırmak ve bunları yonga üzerine eşit şekilde dağıtmaktır. Tutkal zerreciklerinin boyutları küçüldükçe, birim ağırlıktaki tutkaldan üretilen tane sayısı ve dolayısıyla yonga yüzeylerinin tutkalla örtülme imkânı artmaktadır. Yonga kalınlığı arttıkça ve tutkal zerresinin çapı küçüldükçe her ne kadar yongada meydana gelen noktasal yapışma artarsa da yonga boyutlarının çok fazla büyümesi levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini kötüleştirir. Eğer tutkal zerresinin çapı çok küçülürse havaya dağılır ve yonga yüzeyine gelen oranı tespit etmek güçleşir (Karakuş, 2007).

Tutkallamayı etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Tutkal çözeltisinin yonga yüzeyine uniform olarak dağıtılması
- Yonga geometrisi ve boyutları

- Yongaların yüzey düzgünlüğü
- Tutkal sürme metodu
- Tutkallama öncesi yonga rutubeti
- Tutkallama makinelerindeki yonga hareketleri
 - Serbest düşme
 - Mekanik itme ve aktarma
 - Havaya fırlatma
 - Vibrasyon
 - Pnömatik püskürtme
 - Kombine edilmiş yonga hareketleri

Tutkalın yonga levha üretiminde yüzeye verimli bir şekilde yapışmasında öncelikli olarak önemli olan üç faktör vardır (Ndazi vd., 2006). Bunlar;

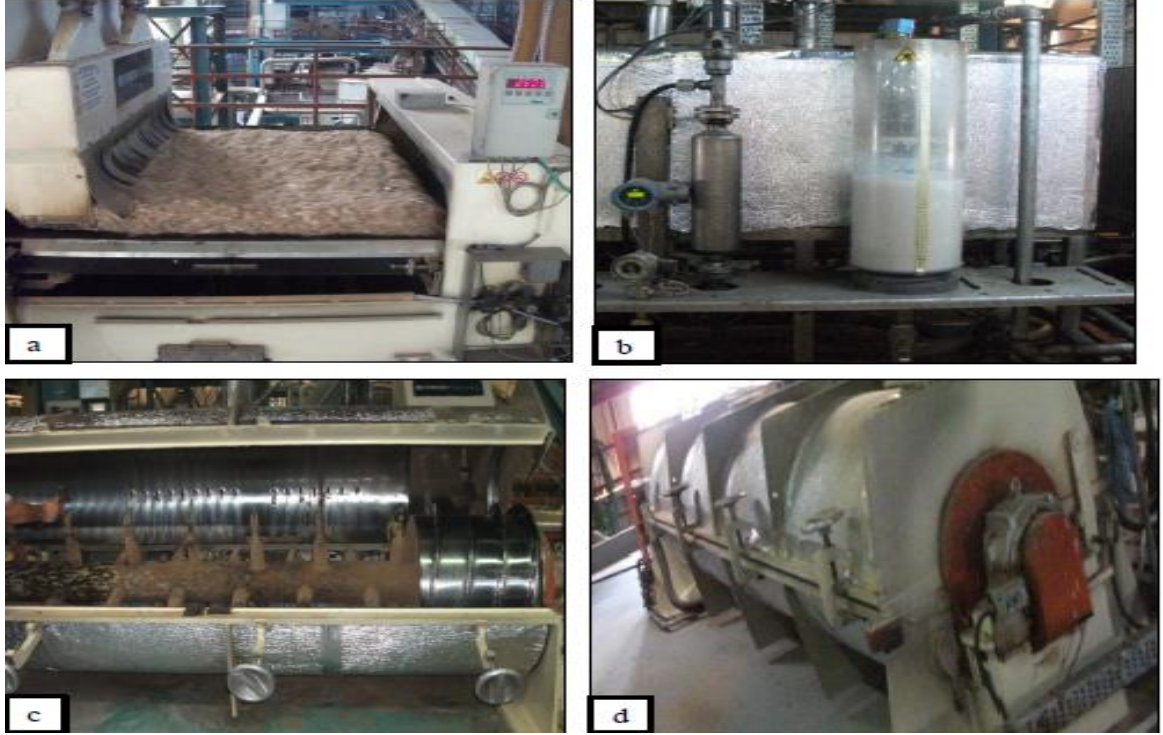
- Yongalar ile tutkal arasındaki kimyasal ilişki,
- Yongaların yüzey koşulları,
- Yonga levhaların üretim koşullarındaki basınç ve sıcaklık değerleridir.

Tutkallamada yonga geometrisi önemlidir. Yongaların aynı boyutlarda olması istenir ancak bu imkânsızdır. Yongaların boyutları yongalama makinesine, ağaç cinsine, rutubetine ve benzeri faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterirler. Tutkallamada ağır yongalara az, ince ve hafif yongalar ile odun tozlarına daha fazla tutkal isabet eder. İnce yongalar ve tutkallı tozlar levhanın dış yüzeyinde yer almakta olup, zımparalama işlemi ile bir kısmı uzaklaştırılmaktadır. Yonga boyutlarının yanı sıra yüzey düzgünlüğü de son derece önemlidir. Yüzey düzgün değilse taneciklerin büyük çoğunluğu çukurluklara isabet edebilir. Yapıştırma direncinin oluşmasına hiçbir katkısı olmaz. Bu nedenle kesme yöntemiyle üretilen yongalar diğerlerinden daha değerlidir. Tutkallamada tutkallama makinesindeki yonganın hareketi de önemlidir. Yongaların hareketiyle püskürtülen tutkal uyum içerisinde olmazsa diğer koşullar en iyi şekilde gerçekleşse dahi tutkallama hatalı olur (Karakuş, 2007).

1.3.7.9 Tutkal Hazırlanması ve Diğer Kimyasalların İlavesi

Yonga levha endüstrisinde üre formaldehit tutkalı (UF) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde her tesis UF tutkalını kendi imkânları ölçüsünde farklı şekilde temin etmektedir.

Bazıları tutkalı hazır olarak satın alırken bir çok tesis de üre formaldehit tutkalını kendi imkanları ile üretmektedir. Üre formaldehit tutkalı genellikle %60-65 katı madde miktarında sulu çözelti halinde satılmaktadır. Tutkallama sırasında homojen bir dağılım sağlamak için %45-55 konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı beyaz renkte olup, özgül ağırlığı 1,27-1,29 g/cm³ tür. Tutkal çözeltisinin pH'ı 8-9 arasında değişmekte olup depolama süresi 25 °C de 1 ay veya 20 °C de 2 ay kadardır (Biçer, 2014).



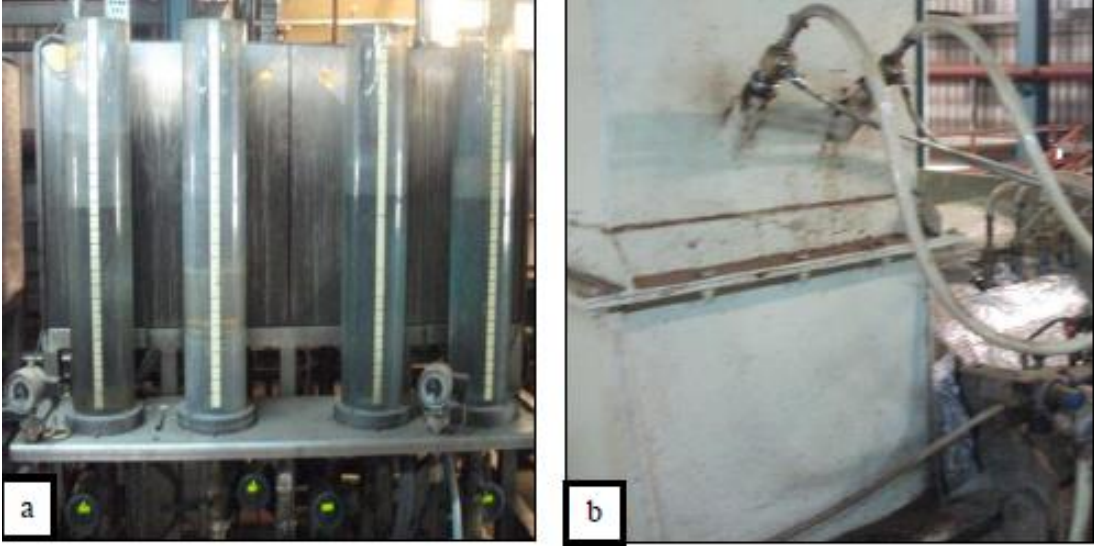
Şekil 35: a. Yongaların tutkallama hattına gönderilmesi, b. Tutkal dozajlama ünitesi, c. Tutkallama makinesi, d. Yongaların tutkallanması (Biçer, 2014).

Şekil 35' de yongaların tutkallama hattına gönderilmesi, tutkalın dozajlanması ve yongalara uygulanması görülmektedir. Tutkal hazırlamada dikkat edilmesi gereken hususlar ise aşağıdaki gibidir (Biçer, 2014).

- Tutkal karışımının oksidasyona karşı ve pirinç, bakır gibi kaplar dışında cam, ağaç gibi kaplarda hazırlanması,
- Tutkallama sırasında oluşabilecek zararlı maddelerin ortamdaki uzaklaşmasını sağlayan sistemlerin bulunması,
- Tutkalın sertleşme süresi pres sıcaklığına, süresine, pres plakası boyutlarına, yonga rutubetine, tutkalın ve yongaların pH derecesine bağlı olarak değişir.

- Tutkallama öncesi odun rutubetinin %1-3, tutkallama sonrası ise %17-18'i geçmemesi,
- Tutkalın kullanılan ortamda 1 m³ hava içinde 5 cm³ ten fazla formaldehit bulunmaması,
- Tutkal serin yerlerde ve hava sızdırmaz kaplarda saklanmalıdır.
- Toz halde bulunan sertleştiriciler rutubetli ortamlarda topaklanmaktadır.

Katkı maddelerinden sertleştirici ve parafin de tutkala karıştırılır. Yanmayı geciktiren maddeler ile koruyucu maddeler ise tutkal-yonga karıştırıcısında veya üretim hattının başka bir yerinde ilave edilebilir (Usta, 2011). Günümüzde parafin ayrı bir hat üzerinden kuru yongalar üzerine püskürtülmektedir. Şekil 36' da diğer ilave kimyasalların dozajlanması ve parafin ilavesi görülmektedir.



Şekil 36: a. Diğer ilave kimyasalların dozajlanması, b. Parafin ilavesi (Biçer, 2014).

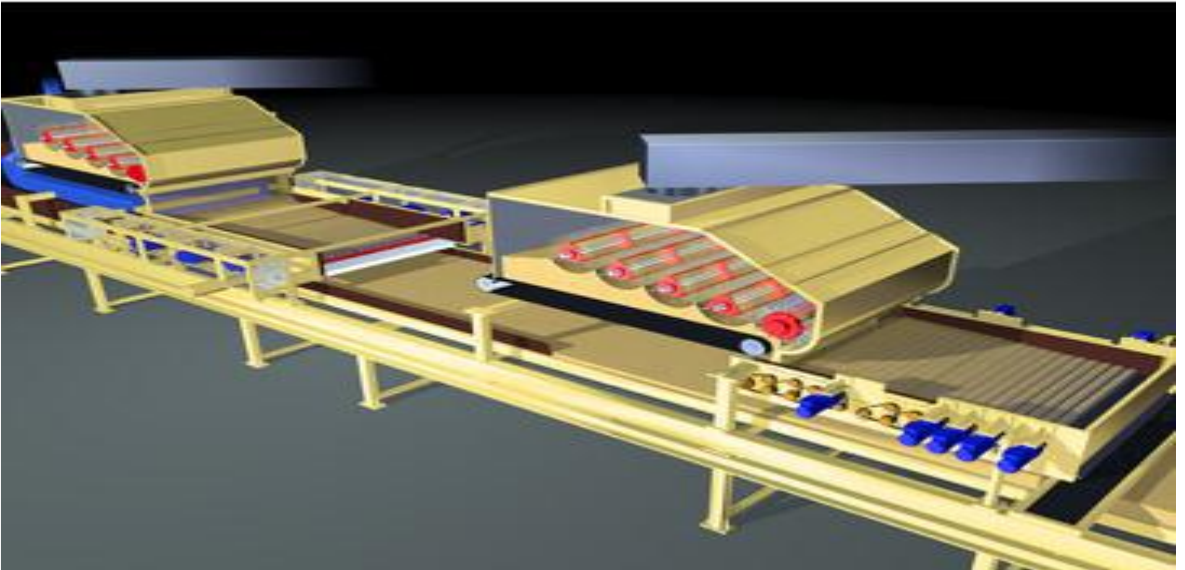
1.3.7.10 Levha Taslağının Oluşturulması (Serme)

Tutkallama makinelerinden çıkan yonga levhaların homojen bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazır hale getirilmesi yonga levha üretiminin en önemli aşamasıdır. Serilen yonga keçesinin kalınlığı, levha kalınlığının 3- 20 misli olmaktadır. Bu kalınlığın oluşturulmasında yongaların tipleri ve kullanılan ağaç türleri rol oynar. Çünkü keçe kalınlığı ile levha kalınlığı arasındaki ilişki yonga büyüklüklerine ve ağacın veya ağaç türleri karışımının özgül ağırlıklarına geniş çapta bağlı bulunmaktadır. Tek tabakalı homojen

levhalarda yongaların serme işlemi, ince ve kaba yongaların karışık olarak serilmesi şeklinde olmaktadır. Çok katlı veya katları belirsiz levhalarda ise ayrılmış yonga büyüklüklerini koruma açısından uygun serme başlıkları kullanılmaktadır (Biçer, 2014). Bu serme başlıkları;

- Atma veya fırlatma çarkı
- Çift yıldız çarkı
- Üç yıldız çarkı' dır.

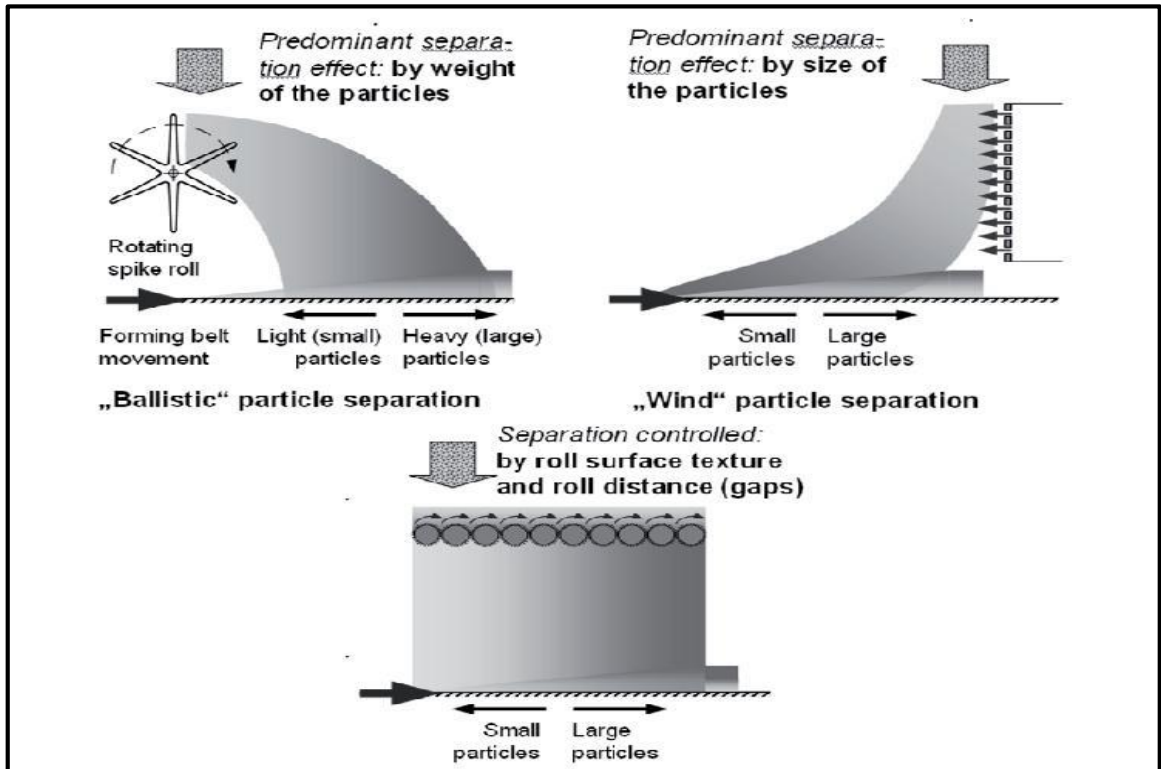
Bu başlıkların verimli bir şekilde çalışması ise dozajlama ünitelerinin çalışmasına bağlıdır. Dozajlama ünitelerinin görevi ise; serme başlıklarına sürekli aynı miktarda yongaların gönderilmesini sağlamaktır. Dozajlama hacim, ağırlık ve hacim-ağırlık olarak üç esasa göre yapılır. Serme makineleri ağırlık ve hacim itibarıyla dozaj yapan sistemlerle kombine edilerek çalıştırılırlar. Şekil 37'de Siempelkamp serme taslağı oluşturma sistemi görülmektedir.



Şekil 37: Siempelkamp serme taslağı oluşturma sistemi (URL-8, 2015).

Serme makineleri genel olarak 3 sisteme göre çalışmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

- Dökme Sistemi: Novapan olarak bilinen bu sistemde, 3 tabakalı bir levha için en az 3 serme başlığı kullanılır. Bunlardan ikisi dış tabakalarda, diğeri orta tabakada kullanılacak olan yongaların serilmesinde kullanılır.
- Rüzgarlama Sistemi: Düşmekte olan yongalara dik yönde hava püskürtülerek çalışan bu sistemde, ağırlığı fazla olan yongalar daha yakına, az olanlar ise daha uzağa olmak üzere, serme başlıklarının altında bulunan sonsuz banda veya transport saçlarına düşürülürler. Bu şekilde taslağın enine kesitinde, taslağın ortasına kadar inceden kalına doğru kademesiz geçiş sağlanır. Taslağın diğer yanının oluşması için de birincinin aksi yönde hava püskürtülerek taslak tamamlanır. Bison sistemi olarak da bilinmektedir.
- Savurma Sistemi: bu sistemde de yongalar Bison sistemine benzer şekilde bant üzerine düşmektedirler, fakat burada hava yerine yongaların bir silindir tarafından fırlatılması söz konusudur. Yongalar kinetik enerjilerine göre az veya çok yol alarak, bant üzerine düşerler. Şekil 38’de dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemi ile serme taslağı oluşturma prensipleri görülmektedir.



Şekil 38: Dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemi ile serme taslağı oluşturma prensipleri (Ressel, 2008; Thoemen., vd 2010’dan).

1.3.7.11 Presleme

Yongalar çeşitli serme sistemleriyle serilerek çok gevşek ve kalın bir keçe oluşturulur. Keçe kalınlığı levha kalınlığının 20 katı kadar olmaktadır. Bu gevşek haldeki keçenin herhangi bir şekilde sarsılması durumunda ince yonga parçacıklarının alt kısımda toplanmasına neden olmaktadır. Bu durum levhaların görünüşlerinde bozukluklar meydana getirdiği gibi mekanik özelliklerde de farklılıklar yaratabilir (Karakuş, 2007).

Yonga levha endüstrisinde soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı presleme uygulanmaktadır. Levha taslağı, doğrudan sıcak prese verilirse, pres katları arasındaki açıklık artmakta, dolayısıyla, presin kapanma süresi uzamakta ve ısı kaybı olmaktadır. Ayrıca, yüzey düzgünlüğü bozulmakta, yüzey ve orta tabaka iyice kenetlenmemekte, ince yongalar sarsıntı ile alt tabakaya kayarak levha simetrisi bozulmaktadır. Soğuk prese aynı zamanda ön pres de denilmektedir ve basıncı 15–20 kg/cm² arasında değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Ön Pres (Soğuk Pres)

Şekillendirme kalıpları veya kenar çerçeveleri içerisine serilen yonga taslağı soğuk preste sıkıştırılır. Soğuk pres sadece levhanın sıkıştırılmasını sağlamakla kalmaz, ayrıca hava çıkışını sağlar. Üretim akışının kesintisiz olmasını sağlamak için sürekli ön presler kullanılmaktadır. Soğuk presten çıkan taslağın kalınlığı 1/3' üne düşmektedir. Serme işleminde bazı yongalar taslak içerisinde meyilli olarak yer almaktadır. Bunlar sıcak pres için zararlıdır. Düşük basınçta soğuk pres uygulanarak bunlar düz duruma getirilir. Yonga levha taslağı soğuk presleme ye tabi tutulmayıp doğrudan sıcak preslemeyle tabi tutulursa presin kapanması esnasında yüzey düzgünlüğünü sağlayan küçük boyutlu yongalar uçarak yer değiştirirler. Bunun sonucunda üretilen levhalar da yüzey düzgünlüğü bozulmuş olur. Soğuk preslenmiş taslağın sıcak prese verilmesinde transport saçlarına ve pres saçlarına gerek kalmaz. Bunun için ön preste basıncın 15-20 kp/cm² olması gerekir (Güler, 2001).

Soğuk presler fasıllı ve fasıllı olmamak üzere ikiye ayrılırlar. Ön presler tek açıklıklı hidrolik preslerden oluşabileceği gibi, basınçlı silindirlere de oluşabilir. Bazı fabrikalarda ön presleme uygulanmaktadır. Okal tipi (Dik yongalı) yonga levha üretiminde ön presleme söz konusu değildir (Güler, 2001; Karakuş, 2007).

Soğuk presleme işleminin amaçları;

- Yonga keçesi oluştururken kenarları düzgün bir şekilde korumak,
- Yan alma işlemlerinde zayıtı azaltmak,
- Yüzey ve orta tabakaların birbiriyle daha iyi kenetlenmesini sağlamak,
- Levha keçesinin sıcak preslere taşınması sırasında sarsıntı sonucu meydana gelebilecek yonga kaymalarını önlemek ve sıcak presin kapanma süresini kısaltmaktır.

Levha taslağı, yonga levha özelliğini ancak sıcak preslerde kazanır. Taslak, sıcak preste istenilen levha kalınlığına kadar sıcaklık altında sıkıştırılır. Bu sırada, sıcaklık etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir malzemenin elde edilmesi sağlanır (Usta, 2011).

Sıcak presleme; taslağın ön görülen levha kalınlığında sıkıştırılması, yapıştırma için gerekli basıncın sağlanması, tutkalın sertleşmesi için gerekli sıcaklığa kadar ısıtılması, yongaların levha oluşturacak şekilde sıkıştırılması gibi aşamalardan oluşturulur. Yonga levha yapımında tek katlı ve çok katlı presler kullanılmaktadır. Bu presler arasında önemli farklar oluşmaktadır. Ancak bu farkların sebepleri teknik olmayıp ekonomiktir. Tek katlı preslerde her presleme periyodunda sadece bir tane levha preslenirken çok katlı preslerde pres katlarının sayısı 4-22 arasında değişir. Preslerde (tek veya çok katlı) basınç hidrolik olarak sağlanır. Pres plakaları sıcak su, buhar, kızgın yağ ya da yüksek frekans ile ısıtılabilir. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne bağlı olarak 150–220°C arasında değişir. Süre tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3–7 dakika arasında olmaktadır (Akbulut, 2000). Şekil 39’da çok katlı sıcak pres görülmektedir.



Şekil 39: Çok katlı sıcak pres (URL-9, 2016).

Presin kapanma süresi (pres plakalarının taslağı levha kalınlığına kadar sıkıştırması için geçen süre) levha direnç özellikleri bakımından önemlidir. Bu sürenin kısa olması yüzey tabakalarının normalden daha yüksek yoğunlukta, orta tabakanın ise daha düşük yoğunlukta olmasını sağlar. Bu durum, yüzey düzgünlüğü ve eğilme direnci bakımından faydalıdır. Fakat yüzeye dik çekme direnci olumsuz etkilenir. Spesifik basınç, sıcaklık ve sürenin yetersiz olması levhaların patlamasına neden olur (Biçer, 2014).

Preslemede kullanılan pres tabakalarının ise termik ve mekanik olmak üzere iki görevi bulunmaktadır. Termik görevi; levha taslağını ısıtarak tutkalın sertleşmesini sağlamaktır. Mekanik görevi ise ön görülen sıcaklığa kadar sıkıştırmaktır (Karakuş, 2007).

Levha kalınlığı, katlar arasına konulan kalınlık takozları veya elektronik çalışan pistonlar yardımıyla ayarlanır. Çok katlı preslerde bütün katların aynı anda kapanmasını sağlamak için es zamanlı açma-kapama mekanizması kullanılır. Fasilasız preslerde levha sonsuz bir bant halinde elde edilmektedir. Daha sonra istenilen boyutlarda kesilmektedir. Bu tip presler

uzun olup, hazırlanan taslak ısıtılan çelik levhalar veya etrafı çelik levhalarla kenetlenmiş silindirler arasından geçmektedir (Akbulut 2000).

Sürekli (continue) preslerde (Şekil 40) bilgisayar odasındaki operatör, bilgisayara preste uygulanacak sıcaklığı, basıncı, presleme faktörü gibi değerleri girerek sistemin otomatik olarak yürümesini sağlamak ve monitörden üretimi devamlı olarak kontrol altında tutmaktadır. Sürekli presleri katlı preslerden ayıran en önemli özellik üretimin kesintisiz olmasıdır. Sürekli sistemde taslak prese girmeden önce boyutlandırılmamakta, presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir (Ayrılmış, 2000).



Şekil 40: Sürekli pres (URL-10, 2016).

Pres süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığı ve presin kapanma hızına bağlıdır. Presleme süresi ve rutubetine bağlı olarak pres basınç ve sıcaklığının etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir malzeme oluşur. Kullanılan tutkal cinsinde pres süresini etkilemektedir. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalara göre daha uzun pres süresine ihtiyaç duyulur (Güler, 2001).

Bir yonga levha tesisinin kapasitesi aynı zamanda sıcak presin kapasitesine bağlıdır. Sıcak presleme iç içe geçmiş 4 kademededen oluşur;

- Soğuk presten gelen yonga levha taslağının tolerans sınırları içinde istenilen levha kalınlığına kadar sıkıştırmak,
- Münferit yongalar arasındaki yapışmayı sağlayacak basıncın temin edilmesi
- İstenilen yapışma sıcaklığına kadar ısıtılması ve levha rutubetinin buharlaştırma yoluyla azaltılması

- Gevşek haldeki yongaların istenilen yoğunluğa kadar sıkıştırılarak yapıştırılması

1.3.7.12 Sıcak Presleme Sonrası İşlemler

Pres ve presten önceki işlemlerin hatasız yapılmış olması levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin istenilen şekilde olmasını sağlar. Bu elde edilen özelliklerin korunması ve üretilen levhalarda bazı kusurların oluşmasını engellemek için sıcak presleme sonrası işlemler yapılır.

Presten çıkan levhaların sıcaklığının 70°C'nin üzerinde üst üste istiflenmesi halinde üretilen formaldehit tutkalı rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve direnç değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu nedenle üretilen formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalar 70°C altında sıcaklık değerlerine kadar soğutulduktan sonra üst üste istiflenmelidir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda sıcak istiflenmeden dolayı bir sakınca oluşmamaktadır (Güler 2001).



Şekil 41: Yonga levhaların yıldız soğutucuda dinlendirilmesi (URL-8, 2015).

Pres sonrası levhaların dış yüzey sıcaklığı pres plakasının sıcaklığına yakın olduğu halde orta kısımların rutubet nedeniyle 100°C civarındadır. Levhalar soğurken dış yüzeyler hızlı, orta tabakalarda ise yavaş ısı kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca, soğuma ile birlikte orta tabakanın rutubet kaybı dış tabakaya doğru ilerlemektedir. Bu olaylar levhaların iç kısmında

bir daralmaya, dış kısımlarda ise rutubet alarak genişlemeye neden olabilmektedir. Dolayısıyla; levhalarda oluşan rutubet dengesizliği iç gerilme ve deformasyona neden olur. Bu nedenle prestan çıkan levhalar yıldız soğutucularda 60-70° C ye kadar soğutulur (Şekil 41).

1.3.7.13 Levhaların Tasnif Edilmesi ve Sınıflandırılması

Preslemeden hemen sonra veya zımparalama işleminden önce levhanın kalınlığı ölçülür. Bu ölçüm sonucunda kalınlık sapmaları ± 0.3 mm' den fazla olanlar 2. Sınıf levha olarak işlem görürler. Sınıflandırılan levhalar zımparalandıktan sonra, 18-24°C sıcaklıkta % 60-65 rutubet de depolarda düz bir altlığın üzerine üst üste konarak istiflenir.

1.3.7.14 Ahşap Esaslı Levhalarla İlgili Standartlar ve Test Metotları

- TS EN 326-1 Ahşap Esaslı Levhalar- Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi: Bu standart, ahşap esaslı levhaların özellikleri hakkında bilgi elde etmek için deney numunelerinin seçimi, kesimi, deney sonuçlarının gösterilmesinde bazı kuralları kapsar.
- TS EN 326-3 Ahşap Esaslı Levhalar- Numune Alma, Kesme ve Muayene Bölüm 3: Sevk Edilen Levhaların Muayenesi: Bu standart, sevkiyatı yapılan levhaların, tedarikçiler tarafından belgelendirilen özelliklerinin talep edilen değerlere uygunluğunu veya sözleşmede belirtilmiş olan bir ya da daha fazla özelliğinin standartları uygun olup olmadığının belirlenmesinde kullanılır.
- TS EN 312-1 Yonga Levhalar- Özellikler- Bölüm 1: Bütün Levha Tipleri İçin Genel Özellikler: Bu standart, kaplanmamış yonga levhaların bütün tiplerinin bazı özellikleri ile ilgili şartları kapsar.
- TS EN 312-3 Yonga Levhalar- Özellikler- Bölüm 3: Kuru Şartlarda, Kapalı Ortamlarda Kullanılan (mobilya dahil) Yonga Levhaların Özellikleri: Bu standart, kuru şartlarda (Havadaki rutubet oranının yılın yalnızca birkaç

haftasında %65' i geçtiği ve sıcaklığın 20°C olduğu bir ortam) kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) yonga levhaların özelliklerini kapsar.

- TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar- Rutubet Miktarının Tayini: Bu standart, ahşap esaslı levhaların deney parçalarının, birim hacim ağırlığının tayin edilmesi metodunu kapsar. Birim hacim ağırlığı; her bir deney parçası kütlesinin, hacmine oranı yoluyla tayin edilir. Deney parçalarından elde edilen sonuçlar, levhaların birim hacim ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır.
- TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar- Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülü Tayini: Bu standart, anama kalınlığı 3 mm'ye eşit ve 3 mm'den daha büyük olan ahşap esaslı levhaların eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayin edilmesi metodunu kapsar. İki mesnet üzerine serbest şekilde yerleştirilen bir deney parçasına, orta yerinden bir kuvvet uygulanarak, eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü tayin edilir. Elastikiyet modülü, kuvvet-sehim diyagramının doğru oranlık bölgesi içerisinde kalmak kaydıyla deney parçasına giderek artan bir kuvvet uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sehim ölçülmek suretiyle tayin edilir.
- TS EN 317 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar- Su İçerisine Daldırma İşleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini: Bu standart, yatık yongalı veya dik yongalı yonga levhalar, lif levhalar ve çimentolu levhaların, su emme ve kalınlığına şişme miktarının tayini metodunu kapsar.
- TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar- Levha Yüzeyine dik Çekme Dayanımının Tayini: Bu standart, yonga levhalar, lif levhalar ve çimentolu levhaların, levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini metodunu kapsar. Deney parçalarının yüzeyine, dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, deney parçalarının yüzeyine dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilir.
- TS EN 320 Lif Levhalar- Vida Tutma Kabiliyetinin (Mukavemetinin) Tayini: Türk standartları enstitüsünün yonga levhaların vida tutma kabiliyetinin

ölçülmesine dair bir standardı olmadığından dolayı lif levhalarla ilgili bu standart esaslarına göre yonga levha deneyleri yapılmıştır. Bu standart, lif levhaların vida tutma kabiliyetinin tayini metodunu kapsar. Deney parçasının yüzey ve kenarlarından, belirlenen bir vidanın çekilmesi için gereken kuvvet ölçülerek, vida tutma kabiliyeti tayin edilir.

1.4 Formaldehit

Formaldehit, aldehitlerin en basit üyesi olan zehirli bir kimyasal olup, genellikle formalin adı verilen, %37'lik sulu çözeltisi şeklinde taşınıp depo edilir (URL-11, 2015). Renksiz, yanıcı, keskin kokulu bir kimyasal olan formaldehit yonga levha, kontrplak, lif levha gibi odun esaslı ürünlerin üretiminde kullanılan tutkallarda, bu ürünlerin kullanıldığı inşaat malzemeleri, yalıtım malzemeleri, kağıt ürünü kaplamalar ve ev ortamında kullanılan tekstil kumaş ürünlerin yapısında bulunmaktadır. Buna ek olarak, formaldehit yaygın bir mantar öldürücü, antiseptik ve dezenfektan olarak endüstride, morglar ve tıbbi laboratuvarlarda koruyucu olarak, diş macunu ve temizlik ürünlerinin yapısında da bulunur. Formaldehit canlı organizmalar tarafından normal metabolik süreçlerin bir parçası olarak küçük miktarlarda üretilip, doğal ortamlarda ve odunun yapısında da bulunmaktadır (URL-12, 2015).

1.4.1 Formaldehit Emisyonu

Odun esaslı ürünlerden yayılan formaldehit emisyonu insan sağlığını tehdit eden en önemli formaldehit kaynağıdır. İnsanlar, bu ürünlerin üretiminden, bitirme işlemlerine kadar devamında da nihai kullanıcı olarak özellikle iç ortamlarda formaldehit emisyonunun olumsuz etkileri ile karşı karşıya kalmaktadır.

Emisyon, özellikle değişken sıcaklık ve bağıl nem koşullarında levha ürününün üretimden sonra da uzun süreler devam edebilmektedir. Bu sebeplerle formaldehit içeren bağlayıcılarla üretilen odun esaslı levhaların ortama bırakacakları formaldehit emisyonlarına belli sınırlamalar getirilerek emisyon değer sınıfları oluşturulmuş ve sınırlamalar yasal yaptırımlarla güvence altına alınmaya başlanmıştır. Üretilen levha ürünlerinin formaldehit içeriği standartlarda belirtilen yöntemlerle ölçüldükten sonra, hangi emisyon sınıfına ait olduğu belirtmeli ve kullanım yerinde buna göre değerlendirilmelidir. Uyulması zorunlu emisyon standartlarının hayata geçirilmesi ve sağlık konusunda endişelerin artmasıyla levha

üretiminde üreticiler belli emisyon değerinin altında levha üretme zorunluluğuyla karşı karşıya kalmış olması üretim maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Bu süreçlerin sonucunda direnç özellikleri bakımından yeterli değerleri veren aynı zamanda da formaldehit emisyonu azaltılmış levha üretimine yönelik çalışmalar artmış, alternatif hammadde, tutkal türleri ve karışımlarının kullanılması konusunda araştırmalar yoğunlaşmıştır.

1.4.1.1 Formaldehit Emisyonuna Etki Eden Faktörler

Ahşap esaslı levha ürünleri günümüzde birçok kullanım yerinde yarı mamül ve mamül olarak hizmet vermektedir. Bu ürünlere kullanım yerinde ihtiyaç duydukları farklı dayanım özellikleri, üretimlerinde kullanılan tutkallar sayesinde kazandırılmaktadır. Günümüzde ahşap esaslı levha üretiminde en fazla kullanılan tutkal grubu formaldehit esaslı sentetik tutkallardır. Bu tutkallardan özellikle üre formaldehit tutkalı birçok avantajı sayesinde ön plana çıkmaktadır.

En iyi bilinen amino reçinelerinden olan UF reçineleri düşük maliyet, farklı sertleşme koşulları altında kullanılabilmesi, sıcak preste hızlı reaksiyonu, suda çözünebilir olması, düşük sertleşme sıcaklığı, mikroorganizmalara, aşınmaya karşı dirençli ve renksiz olması, iyi termal özellikleri ve diğer tutkallara kıyaslandığında tutkal sertleşmesi gibi bir çok avantaja sahiptir. UF reçinelerinin en büyük dezavantajı ise bağlayıcı madde olarak kullanıldıklarında sertleşme süresince çevreye formaldehit yaymalarıdır (Boran vd., 2011).

Odun esaslı levhaların üretiminde, levha taslağının gerek sıcak presleme aşamasında tamamlanmamış kondenzasyon reaksiyonu gereği olarak metilol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların 6'nolu karbondaki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasındaki bağların varlığı ve kondenzasyon reaksiyonunun gereği olarak ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır (Boran ve Usta, 2010).

Serbest formaldehit iki şekilde açığa çıkmaktadır; birincisi sıcak pres sırasında üre ile reaksiyona girmeyen ve üretimden hemen sonra ortaya çıkan levha yapısında var olan serbest formaldehit, diğeri ise özellikle kullanım yerinde sıcaklık ve rutubet etkisi sonucu

metil-eter bağlarının kopmasıyla açığa çıkan serbest formaldehittir (Eroğlu ve Usta, 2000). Formaldehit emisyonuna neden olan gaz, levha içinde hapsolmuş şekilde bulunabileceği gibi, levhadaki su içinde çözünmüş halde de bulunabilir (Zhang vd., 2013).

Levhalarından salınan bu emisyonlar özellikle iç ortamlarda hava kalitesini azaltarak nihai kullanıcıların sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle levha ürünleri ortama yaydıkları serbest formaldehit miktarlarına göre belli sınıflara ayrılmıştır. Böylece insanların buldukları ortamlarda formaldehit emisyonuna en az düzeyde maruz kalması amaçlanmaktadır.

1.4.1.2 Formaldehit Emisyonu İle İlgili Standartlar ve Test Metotları

Formaldehit emisyonu sorunu özellikle odun esaslı levhalar açısından geçen yıllar içerisinde giderek artan oranlarda önemli bir konu haline gelmiştir. Bu sorunun çözümü üzerinde yapılan birçok çalışma ve tartışma sonucunda formaldehit emisyonunun özellikle kapalı ortamlarda insan sağlığı için ciddi riskler oluşturduğu ve azaltılması gerekliliği varılan ortak sonuç olmuştur. Bu amaçla odun esaslı levhaların üretiminde emisyon sınıfları belirlenmiş ve üretimler bu emisyon sınıflarının sınır değerlerine uygun olarak yapılmaya başlanmıştır.

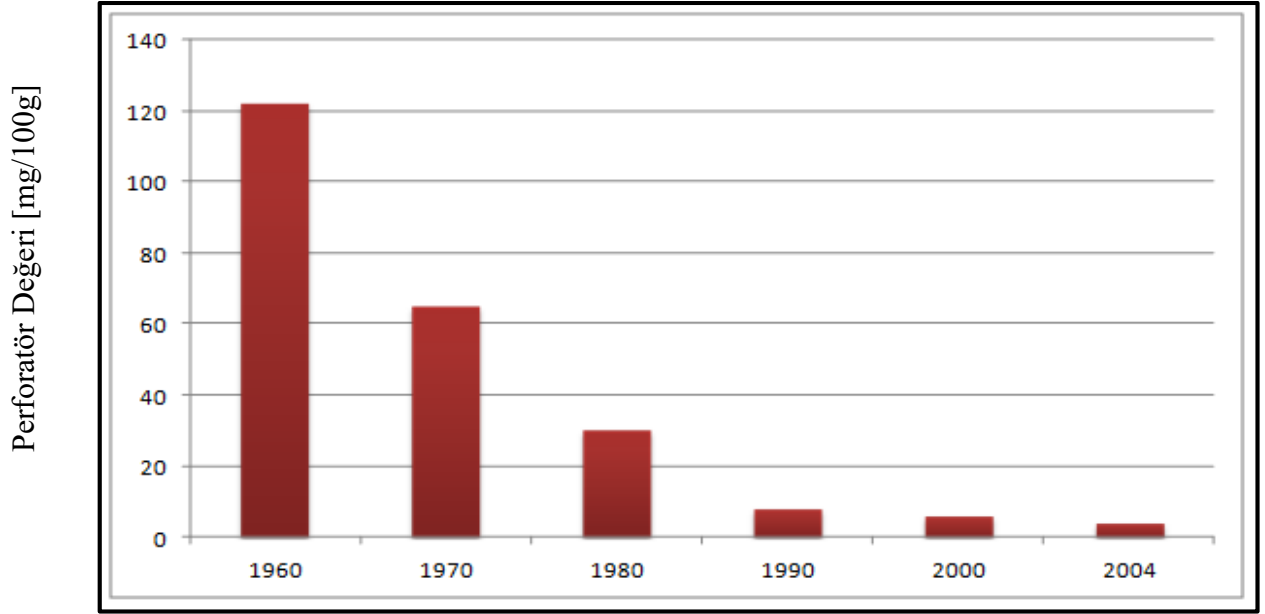
Kompozit odun panellerinden açığa çıkan formaldehitin yayılması esasen bu panellerin üretiminde bağlayıcı tutkal olarak üre formaldehit tutkalı kullanımı ile ilgilidir. Bu tutkalın yüksek reaktifliği ve düşük fiyatı ile kullanımının yaygın olması sonucu olarak, reaksiyona girmemiş serbest formaldehit varlığı ve hidrolize karşı direncinin düşük olması formaldehit emisyonuna neden olmaktadır (Boran ve Usta, 2010).

Dünya sağlık örgütü bünyesinde bulunan uluslararası kanser araştırmaları kurumu 2004 yılında formaldehitin kansere sebep olabilen (Grup2A) sınıftan, insanlar için kanserojen sınıfa (Grup1) dahil edilmesini tavsiye etmiş ve 2006 yılında da formaldehit insanlar için kanserojen sınıfına dahil edilmiştir. Benzer şekilde Avrupa birliğinde de şüpheli kanserojen (cat2) sınıfından, 2015 yılı ortasında insanlar için kanserojen kabul edilen (farzedilen) sınıfa geçmesi öngörülmüştür. Amerika'da ise formaldehit için EPA'nın geçerli sınıflandırması insanlar için muhtemel kanserojen sınıfı (B1) şeklindedir (URL-11, 2015).

Finlandiya, Danimarka ve Almanya gibi farklı Avrupa ülkelerinde yapı ürünlerinden kaynaklanan iç ortam emisyonlarını azaltmak için etiketleme düzenlemeleri geliştirilmiştir. Bazı Avrupa Birliği ülkeleri, aynı zamanda yapı ürünlerinden salınan VOC emisyonları üzerinde baskı oluşturma zorunluluğu olduğuna karar vermiştir. Örneğin Almanya da döşeme malzemesinden kaynaklanan emisyonlar AgBB planına göre değerlendirilmektedir. Benzer şekilde CARB (Kaliforniya Hava Düzenleme Kurulu) olmak üzere birçok çevre kuruluşu odun esaslı ürünlerden salınan formaldehitin azaltılmasına yönelik baskı oluşturmaktadır (URL-13, 2015).

Formaldehit emisyonu ile ilgili Avrupa'daki düzenlemeler 1980'de bazı Avrupa ülkelerinin yonga levhalardaki formaldehit emisyonları için düzenlemeler getirmesiyle başlamıştır. 1985'den itibaren odun esaslı paneller için E1 emisyon sınıfı (levhalarda 0,1ppm) Avusturya, Danimarka, Almanya, İsveç ve bazı diğer Avrupa ülkelerinde zorunlu hale gelmiştir. 2004'ten itibaren ise E1 ve E2 sınıfları EN 13986 Avrupa standardına yerleşmiş, yapılarda formaldehit içerikli materyaller özellikle tutkallar için E1 ve E2 sınıflandırılması ürün prosesinin bir parçası haline gelmiştir. 2006 'da E1 emisyon sınıfı Avrupa panel federasyonu (EPF) üyeleri için zorunlu hale gelmiştir (URL-12, 2015).

Şekil 42'de 1960 ile 2004 yılları arasında EN 120 'ye göre perforatör değerindeki değişim görülmektedir. Şekle göre son 50 yılda odun esaslı levhalardaki emisyon değeri 120mg/100g'dan, 5mg/100g'ın altındaki değerlere kadar düşmüştür. Yakın gelecekte bu değerlerin daha da azalması beklenmektedir (Roffael, 2006).



Şekil 42: EN 120'ye göre son 50 yıldaki perforatör değeri değişimi (Roffael, 2006).

Tablo 6'da Avrupa, Avustralya, Amerika (Kanada'da geçerli) ve Japonya standartlarına göre formaldehit emisyonu bakımından odun esaslı panellerin sınıflandırılması verilmektedir (Boran ve Usta, 2010).

Tablo 6: Avrupa, Avustralya, Amerika ve Japonya'daki odun esaslı paneller için formaldehit emisyon standartları (Boran ve Usta, 2010).

Ülke	Standart	Test Yöntemi	Levha sınıfı	Limit değeri
Avrupa	EN 13986	Kabin EN 717-1	E1-PB, MDF, OSB	≤ 0.1 ppm
		Perforatör EN 120		≤ 8 mg/100g
		Kabin EN 717-1	E1-PW	≤ 0.1 ppm
		Gaz Analizi EN 717-2		≤ 3.5 mg/hxm ²
		Kabin EN 717-1	E2-PB, MDF, OSB	>0.1 ppm
		Perforatör EN 120		>8 mg/100g ≤ 30 mg/100g
		Kabin EN 717-1	E2-PW	>0.1 ppm
		Gaz Analizi EN 717-2		>3.5 mg/hxm ² ≤ 8.0 mg/hxm ²
Avustralya	AS/NZS 1859-1 & 2	Desikatör AS/NZS 4266.16	E0-PB, MDF	≤ 0.5 mg/L
			E1-PB	≤ 1.5 mg/L
			E1-MDF	≤ 1.0 mg/L
			E2-PB, MDF	≤ 4.5 mg/L
U.S.A.	ANSI A208.1 & 2 (PB&MDF)	Geniş Kabin ASTM E1333	PB, MDF	≤ 0.3 ppm
		Geniş Kabin ASTM E1333	PW	≤ 0.3 ppm
		Geniş Kabin ASTM E1333	PW Duvar Panelleri	≤ 0.2 ppm
Japonya	JIS A 5908&5905 (PB&MDF)	Desikatör JIS A 1460	F**	≤ 1.5 mg/L
			F***E0	≤ 0.5 mg/L
			F****E0	≤ 0.3 mg/L

PB: Particle board, MDF: Medium density fiberboard, PW: Plywood, OSB: Oriented strand board

Japon F** emisyon sınıfı değeri, Avrupa'da Almanya düzenlemelerini esas alınarak yapılan düzenlemeler sonucunda kullanılan E1 sınıfı değerine eşdeğer ya da bu değerden daha yüksek bir emisyon anlamını ifade etmektedir. F** ve F**** emisyon sınıfı değerleri ise E1 sınıfından çok daha düşük anlamına gelmektedir.

Formaldehit emisyonunun belirlenmesi için farklı ülkelerde metotlar geliştirilmiş ve standart haline getirilmiştir (URL-12, 2015).

- **ISO Formaldehit Test Metotları**
 - **Referans metot:** Oda metodu (1 m³): ISO/FDIS 12460-1

- **Diğer metotlar:**
 - Küçük oda metodu: ISO/DIS 12460-2
 - Gaz analiz metodu ISO/DIS 12460-3
 - Desikatör metodu ISO/DIS 12460-4

- **Avrupa'da Formaldehit Test Metotları**
 - **Referans metot:** Oda metodu EN 717-1 3 farklı hacim seçeneği,
 - **Diğer Metotlar:**
 - Perforatör metodu EN 120
 - Gaz analiz metodu EN 717-2
 - Şişe metodu EN 717-3
 - Desikatör metodu ISO/DIS 12460-4 or JIS A 1460 or JAS 233)

Oda metodu olarak isimlendirilen formaldehit emisyonu belirleme yöntemi ahşap esaslı levha ürünlerinin orijinal boyutları üzerinden yapıldığı ve en gerçekçi sonuçları verdiği için referans metot olarak değerlendirilmektedir.

Farklı standartlar altındaki diğer metotlar da ahşap esaslı levhalardaki emisyon değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle ahşap esaslı levha üreticileri açısından değerlendirildiğinde, emisyon sınıfının formaldehit emisyonuna neden olan ürünün üretildiği ve kullanılacağı ülkedeki emisyonla ilgili sınırlama ve kuralların hassasiyetine göre en uygun metotla değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Tablo 7: Farklı emisyon ölçüm metotlarının karşılaştırılması (URL-12, 2015).

Metot	Avantaj	Dezavantaj	Test Süresi
Oda	Test ortamı ve parametreleri oda koşullarına yakın Büyük boyutlu örnekler sayesinde homojenlik sağlanır	Uzun test süresi Maliyetli ekipmanlar	10-28 gün
Gaz Analiz	Kısa zamanda sonuç vermesi Basit işlem	Pahalı ekipman	4 saat
Perforatör	Çok hızlı sonuç Ucuz ekipman	Toluen riski	2,5 saat
Desikatör	Ucuz ekipman	7 günlük kondüsyonlama süresi	24 saat + 7 gün kondüsyonlama

Tablo 7’de farklı emisyon ölçüm yöntemleri arasındaki avantaj ve dezavantajlar görülmektedir. Yöntemlerin tercih edilmesi noktasında ekipman maliyeti ve test süresi gibi faktörler öne çıkmaktadır.

1.4.1.3 Formaldehit Emisyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Formaldehit insanları farklı şekillerde etkilemektedir, bazı insanlar çok düşük düzeylerdeki emisyonlardan bile ciddi şekilde etkilenebilirken, bazılarının etkilenmesi ise daha yüksek konsantrasyonlarda olmaktadır (Boran ve Usta, 2010). Bu durum formaldehite maruz kalan insanların hassasiyet durumlarına göre değişmektedir.

Formaldehit bazlı birçok ürün formaldehit emisyonuna ve buna bağlı olarak tüketicilerin çoğunluğunda rahatsızlıklara ve sağlıkla ilgili şikayetlere neden olmaktadır. Bu emisyonlar yaygın olarak gözlerde ve üst solunum yollarında tahriş ve diğer çeşitli semptomlara sebep olmaktadır. İnsan vücudu yüksek dozda emisyonla maruz kaldığında ciddi zehirlenme riski, uzun süreli maruz kalmalarda ise kronik zehirlenme hatta kanser başlangıcına neden olabilir. Bu sebeplerle son zamanlarda dünya genelinde odun ürünlerinden salınan emisyonun elemine edilmesi ve azaltılmasına yönelik düzenleyici baskılar vardır (Boran vd. 2011).

Formaldehit geniş bir kullanım alanına sahip olup, yüksek miktarlarda üretilen bir kimyasaldır. İnsanlar formaldehite farklı şekillerde maruz kalabilir. Bunlar, formaldehit

bazlı reçineler ile üretilen levha ve mobilya ürünlerinden yayılan emisyonlar olabileceği gibi, pataloglar ve laboratuvar ortamlarında çalışanlar doğrudan formaldehite maruz kalabilirler. Bunların dışında insanlar buldukları kapalı veya açık ortamlarda sigara dumanı gibi faktörlerle de formaldehitin olumsuz etkileri ile karşılaşabilirler. Ayrıca, temizlik maddeleri, diş macunu, saç boyası ve yumuşatıcı gibi ürünler de formaldehit içerebildiğinden bu ürünlerle temas edildiğinde bazı riskler ortaya çıkmaktadır (Aksakal vd., 2005).

Formaldehitin kendisi ya da diğer kimyasallarla hazırlanan bileşikler mobilya imalatında; boyalarda ve kaplamalarda koruyucu olarak, döşemeler ve perdeler kalıcı şekil verilmesi amacıyla zank ve yapıştırıcıların bileşeni olarak kullanılmaktadır. Evlerde tipik formaldehit kaynakları üretilen formaldehit tutkalı ile üretilen levha ürünleridir. Bunlar içinde özellikle MDF ürünleri en fazla formaldehit yayan ürünlerdir. Yapılan deneylerde formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin MDF'den yapılan büro mobilyalarından aylarca yayılabildiği belirlenmiştir. Mobilyalardan ortama formaldehit yayılımı, ortam sıcaklığı ve nemin artması ile artış göstermektedir (Aksakal vd., 2005).

Formaldehitin nihai kullanıcılar üzerindeki etkileri kadar formaldehit kullanılan ya da üretilen tesislerde çalışanlar üzerinde de olumsuz etkileri olduğu unutulmamalıdır. Ulusal kanser enstitüsü'nün yaptığı çalışmada kan ve lenf sistemi, özellikle miyeloid lösemi kanser vakalarında formaldehite maruz kalma ve ölüm oranı arasında ilişki olabileceğini ortaya koymuştur (URL-13, 2015).

Formaldehite en çok maruz kalan mesleklerin başında vernikleme, tekstil, giysi, kürk üreticileri, fabrikalarda levha üretiminde çalışanlar gelmektedir. En az maruz kalınan seviye formaldehit üretiminde ortalama konsantrasyon 1 ppm 'den küçük olmaktadır. Havadaki rapor edilen ortalama konsantrasyon yonga levha fabrikalarındaki 1 ppm'den, kontrplakta ise yaklaşık 2 ppm'den daha fazladır (Aksakal vd., 2005).

Formaldehit emisyonuna maruz kalındığında gözlerde ve solunum yollarında tahriş, öksürük, boğaz kuruluğu göğüste sıkışma, baş ağrısı ve kalp çarpıntısı gibi rahatsızlıklar görülebilir. 0,1-5 ppm arasında maruz kalındığında gözler, burun ve boğazda tahrişe neden olur; 10 ppm üzerinde ciddi gözyaşı burun ve boğazda yanma oluşur ve nefes alma zorlaşır. 25 ppm 'in üzerindeki konsantrasyonlarda ise ölümcül akciğer ödemi dahil ciddi hastalıklara

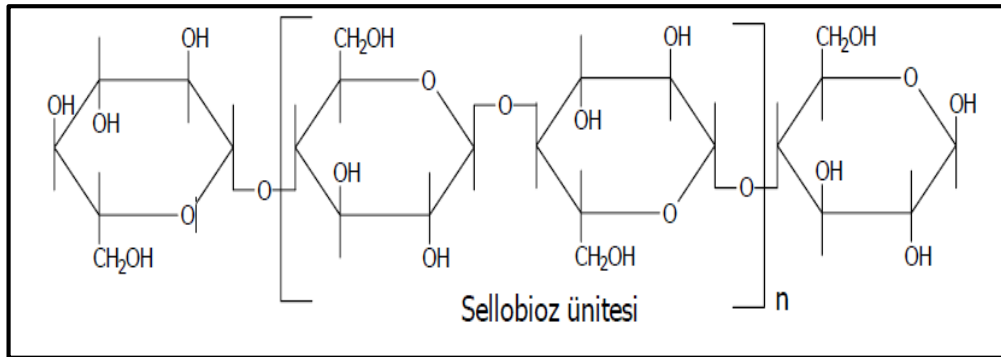
neden olabilir. % 37'lik formalinin 30-100 ml oral dozu insanlarda ölümcül etki gösterebilir (URL-14, 2015).

Formaldehite yüksek oranlarda maruz kalındığında nazofarenks kanseri, sinonasal kanseri ve miyeloid lösemi riskini artırdığını epidemiyolojik kanıtlara dayanmaktadır. Çevre Sağlığı Bilimleri Ulusal Enstitüsü Ulusal Toksikoloji Programı Kanserojen üzerinde On ikinci Raporu'nda insan için bilinen kanserojen madde listesine formaldehiti eklemiştir (URL-15, 2015).

1.5 Selüloz ve Türevleri

Polimerler, tekrar eden monomerlerden oluşan zincir halindeki moleküllerdir. Moleküller bir arada bir takım çekim kuvvetleri sayesinde dururlar. Selüloz molekülleri ($C_6H_{10}O_5$)n formülüne sahip anhidroglukoz birimlerinin uç uca eklenmesiyle oluşmuştur (Şekil 43). Bu birimlerin sayısına polimerizasyon derecesi (DP) denir ve birbirlerine 1,4- β -glukozidik bağlarla bağlanmış olup, her iki birimden birisi diğerine göre 180° lik bir dönüşle bağlanmıştır. Bunun sonucu olarak da gerilimsiz lineer bir yapı ortaya çıkmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Selüloz molekülü doğrusal ve doğal bir polimer olup, üç adet hidroksil grubu bulunur. Bu OH gruplarının bir başka selüloz zincirinin OH grubuyla bağlanma özelliği vardır. Hidrojen bağları denilen bu bağlar selüloz moleküllerinin hidrofil (suyu seven) özellik kazanmasını sağlarlar (Eroğlu ve Usta, 2000; Fengel ve Wegener, 1984).



Şekil 43: Selüloz molekülünün kimyasal yapısı (Kırcı vd., 2001).

Selülozun kimyasal değişikliklere uğraması sonucu oluşturduğu ürünlere selüloz türevleri denir. Selüloz, türevlerine dönüşürken hidroksil grupları reaksiyona girer. Böylelikle inorganik ve organik asitlerle esterleri, bazı alkollerle eterleri, bazılar ile alkolatları ve asitlerle oksidasyon ürünlerini oluşturdukları gibi halojenürler, aminler ve bazı komplekslerle de reaksiyona girerler (Fengel ve Wegener, 1984). Selüloz esterleri ve eterleri meydana gelmeden önce alkali selüloz oluşturulması, uygulanması gereken bir başlangıç işlemidir (Akgül, 2001). Tablo 8’de çözünebilir selülozların son kullanım yerleri görülmektedir.

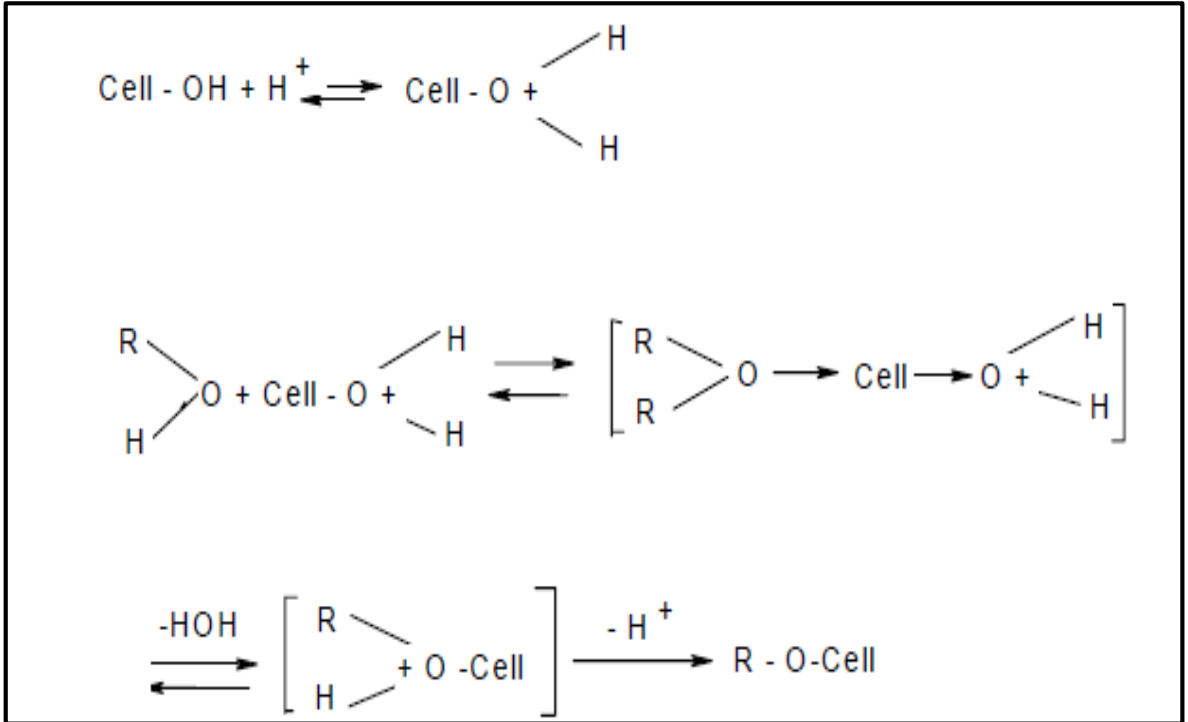
Tablo 8: Çözünebilir selülozların son kullanım yerleri (Hinck vd., 1985).

Selüloz Türevleri	Son Kullanım Yerleri
Viskoz – Rayon	
Tekerlek Lastiği Lifleri (Tire Cord)	Tel ve Kuvvetlendirilmiş Kayışlar
Yüksek Islaklık Lif Modülleri	Giyim Eşyası, Mobilya Teçhizatı
Normal Flament (Regular Staple)	Giyim Eşyası
Sellopon (Cellophane)	Paketleme
Kesintisiz Flament (Continious Flament)	Giysiler
Esterler	
Asetat	Film
Flament	Giyim Eşyası, Mobilya Teçhizatı
Tow	Sigara Filtresi
Plastikler	Film, Levha, Preslenmiş (Kalıplanmış), Eşya
Karişik Esterler (Plastikler)	Levha Ve Preslenmiş Eşyalar
Nitratlar	Vernik, Cila, Film ve patlayıcılar
Eterler	
CMC (Karboksimetilselüloz)	Deterjan, Kozmetikler, Gıda, Tekstil, Kağıt Yapıştırma, Sondaj Kuyusu Sıvısı
HEC (Hidroksietilselüloz)	Kauçuk, Boyalar, Polimerizasyon, Emülsiyonları, Petrol Kuyularında
MC (Metilselüloz)	Gıda, Boyalar, İlaç Endüstrisi
EC (Etilselüloz)	Kaplama, Mürekkepler
HPC (Hidroksipropilselüloz)	Gıda, İlaç Endüstrisi
HMHEC(Karboksimetil- Hidroksietilselüloz)	Sıvı Deterjanlar

Viskoz rayon, selüloz esterleri (asetatlar, propiyonatlar, butiratlar, nitratlar) ve selüloz eterleri (karboksimetil, etil, metil) üretimi için genellikle ön hidrolizli kraft ve asit sülfite yöntemiyle elde edilen, alfa-selüloz oranı yüksek çözünebilir hamurlar kullanılmaktadır. Selüloz sıradan çözücülerde çözünmediğinden türev oluşturmanın amacı, selüloz bileşiğinin genel çözeltiler içerisinde çözünmesini sağlamaktır. Böylece bu çözünürlük lif, film ve plastiklerin uygun bir teknoloji ile oluşumunu mümkün kılar (Kırcı vd., 2001).

1.5.1 Selüloz Eterleri

Selüloz eterleri, alkali tüketimli proseslerden üretilenler ve alkali tüketimsiz proseslerden üretilenler olarak iki grupta incelenmektedir. İlk proste selüloz eterleştirilmeden önce alkil halojenürle alkalileştirilir ve sonuçta metilselüloz, etil selüloz, karboksimetilselüloz, propilselüloz ve benzi selüloz. İkinci proses ise alkali tüketimsiz proses olup, selüloz molekülleri, iç kısımlarında da eterleşmenin homojen bir şekilde gerçekleşmesine yardımcı olmak amacıyla, moleküllerin şişmesini ve kafes yapısının genişlemesini sağlamak için başlangıçta az bir miktar NaOH ile muamele edilir (Şekil 44). Bu reaksiyon sonucunda hidroksialkilselüloz, siyanoetilselüloz, karboksietilselüloz, hidroksietilselüloz ve hidroksibütilselüloz elde edilir (Kırcı vd., 2001).



Şekil 44: Selülozun eterleşme reaksiyonu (Kırcı vd., 2001).

Selüloz içerisindeki eter grupları selüloza soğuk suda dahi şişebilme ve çözünbilme özellikleri kazandırmaktadır. Bu özelliği selüloz eterlerinin süstitüsyon derecesini belirlemektedir. Düşük, alkali ve su içerisinde hidrofobik davranış gösterirler. Aynı şekilde süstitüsyon derecesindeki artışla birlikte organik çözücüler içerisindeki çözünürlükleri artmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984).

Selülozun eteri olan karboksimetilselülozun ve onun sodyum tuzunun (Na-CMC) çok fazla kullanım alanına sahip olması diğer ticari selüloz eterlere göre daha fazla üretilmesine yol açmıştır. Karboksimetilselüloz (CMC) üretimi alkali selüloz ile monokloroasetik asit veya Na-monokloroasetat'ın reaksiyonu sonucu üretilmektedir (Fengel ve Wegener, 1984).

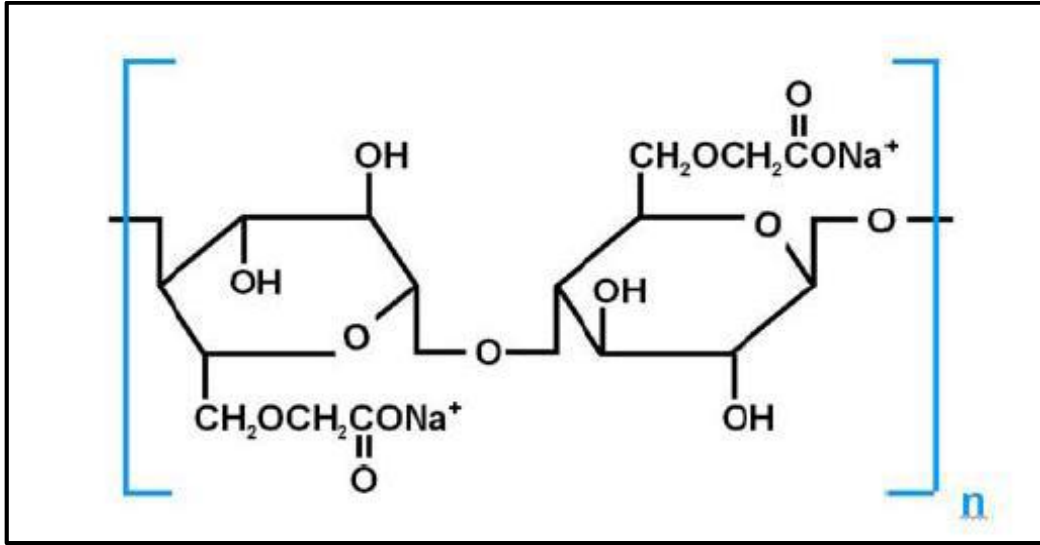
1.5.1.1 CMC Tarihçesi

Literatürde selüloz glukolat olarak adı geçen “Sodium Carboxy Methyl Cellulose” günümüzde genellikle CMC olarak tanınmakta ve bu terim, ticari değeri çok az olan serbest asit “Carboxy Methyl Cellulose” yerine onun “Sodium” tuzu anlamında kullanılmaktadır. CMC suda çözülebilen selüloz türevleri içerisinde en çok kullanılanıdır. İlk defa I. Dünya Savaşı sonlarında Almanya’da, kullanılmaya başlanmıştır. CMC’nin deterjanlarda temizleme gücünü artırdığının anlaşılması ve II. Dünya Savaşında yağ asitlerinin yetersizliği, CMC üretiminin giderek artmasına ve yaygınlaşmasına neden olmuştur (URL-16, 2016).

1.5.1.2 CMC Kimyasal Yapısı

Selüloz lineer yapıda yüksek bir polimer olup “Cellobios” ünitelerinin yan yana birleşmesinden meydana gelir. Her “Cellobios” ünitesi ise iki “anhidroglukoz” ünitesinden oluşur. Tekrarlanan anhidroglukoz üniteleri β -1-4 glikosid bağı ile bağlıdırlar. Selüloz molekülünün yapısındaki (n) birbirine oksijen bağı ile bağlı anhidro glukoz ünitelerinin sayısıdır. Bu sayı selülozun Polimerizasyon Derecesine eşdeğerdir. Polimerizasyon Derecesi elde edilecek CMC’ nin viskozitesinin oluşumunda en önemli etkidir. Anhidroglukoz ünitesinde 3 hidroksil grubu olup, selüloz bu tip kimyasal aktivitesini bu hidroksil grupları ile kazanır (URL-16, 2016).

NaOH (soyum hidroksit) ile alkali hale gelen selülozun MCA (Mono Klor Asetik Asit) veya SMCA (Sodyum Mono Klor Asetat) ile kontrollü bir reaksiyonda eterlenmesi ile CMC elde edilir. Hidroksil grubunun reaksiyona girme dereceleri, polimer zincirinin uzunluğu gibi faktörlerle değişik tipte CMC' ler elde edilebilir. Çeşitli değişik teknikler kullanılmasına rağmen CMC üretimi için prensip olan eterleme reaksiyonu, ilk CMC yapımından günümüze önemli bir değişikliğe uğramamıştır (URL-16, 2016). Şekil 45'de CMC'nin yapısı görülmektedir.



Şekil 45: Karboksimetil selüloz yapısı (URL-17, 2016).

1.5.1.3 CMC Kullanım Yerleri

Bilindiği üzere CMC suda çözülebilen bir selüloz türevidir. Ticari değerini arttıran özellikleri şöyle sıralanabilir; suyun akışkanlığını azaltması, sulu ortamda katıları süspansiyon halinde tutması, nem tutucu olması, film yapması ve yapıştırıcı bağlayıcı olmasıdır. Bu özellikleri çerçevesinde CMC' nin bazı önemli kullanım alanları şu şekilde belirtilebilir (URL-16, 2016).

- **Tekstil Sanayiinde:** Soğuk suda çabuk ve kolay çözünmesi, film yapıcı özelliği ve yapıştırma gücü nedeniyle ipliklerinin haşılانmasında ve baskı patı hazırlanmasında büyük ölçüde kullanılmaktadır.
- **Sondaj Sanayiinde:** Özellikle petrol endüstrisinde kil, barit, bentonit malzemelerinin sudaki dispersiyonlar halinde hazırlanan çamurun

süspansiyonunun devamlılığını sağlamak, gözenekler yolu ile su kaybını önlemek, CMC' nin kaygan özelliği nedeniyle kazılan toprağı dışarı atılmak için büyük oranda kullanılır.

- **Yapıştırıcı Olarak CMC:** Suda kolay çözünmesi ve bağlayıcı özelliği nedeniyle duvar kağıdı, deri ve tahta yapıştırımda kullanılır.
- **Kağıt Sanayiinde:** Başlangıcı ve film yapma özelliği nedeni ile kağıt hamuruna ilâve edildiğinde mukavemeti artırır, baskı kalitesini yükseltir, baskı verimi artar ve baskı netleşir. Kağıda daha çok dolgu maddesi ilavesine imkan verir.
- **Boya Sanayiinde:** Normal kireç boyalara ilave edilecek bir miktar CMC boyayı kıvamlaştırır, film yapıcı özelliği nedeniyle boya leke bırakmaz çok daha ekonomik bir hale gelir.
- **İnşaat Sanayiinde:** Alçı ve çimentoya ilave edilecek bir miktar CMC, hazırlanan harcın uzun süre donmadan kalmasını sağlar. Donma geciktirici bu özelliği nedeniyle inşaat harçlarında da kullanılır.
- **Gıda Sanayiinde:** Saf CMC' nin su tutma özelliği, suyun buharlaşmasını ve donma sırasında buz kristalleri oluşmasını engeller. Bu nedenle reçellerde, dondurmalarda kullanılır. Yaş meyve ve sebzelerin koruyucu film ile kaplanarak uzun süre taze kalmasını sağlar. Saf CMC, mide asitlerinde çözünmediği halde bazik bağırsak salgılarında çözüldüğünden ilaç tabletlerinin yapımında kullanılır. Gıda sanayiinde kullanılacak CMC' nin mutlaka %99 saflıkta olması gereklidir.
- **Deterjan Sanayiinde:** Laboratuvar çalışmaları CMC' nin pamuklu dokumalarda pamuk lifleri ile (H) bağı teşkil ettiklerini ortaya koymuştur. Kir tutma özelliği, negatif (-) yüklü toz parçaları ile negatif (-) Karboksimetil grupları arasında meydana gelir. Krem deterjanlarda daha çok su tutma istendiğinden daha yüksek vizkoziteye sahip CMC tercih edilir

BÖLÜM II

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Odun Hammaddesi

Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş yonga karışımı kullanılmıştır. Yongalar, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu Yonga Levha (YONGAPAN) işletmesinden orta ve üst tabaka yongaları ayrı ayrı olacak şekilde hazır olarak temin edilmiştir. Temin edilen yongaların karışım oranı; %55 iğne yapraklı, %45 yapraklı ağaç yongaları şeklindedir.

2.1.2 Yapıştırıcı Madde

Yonga levha üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Kullanılan tutkal %50 konsantrasyonda olup Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu Yonga Levha (YONGAPAN) işletmesinden kullanıma hazır olarak temin edilmiştir.

2.1.3 Sertleştirici Madde

Üre formaldehit tutkalı için sertleştirici madde olarak laboratuvarımızda hazırlanan %20'lik amonyum klorür (NH_4Cl) çözeltisi kullanılmıştır.

2.1.4 Su İtici Katkı Maddesi

Su itici madde olarak tam kuru odun ağırlığına oranla %1 oranında sıvı parafin kullanılmıştır.

2.1.5 Sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC)

UF tutkalını modifiye etmek üzere Denizli Kimya ve Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından üretilen ve ticari adı ALFACELL olan Sodyum karboksimetilselüloz (Na- CMC) eteri kullanılmıştır. Tablo 9’da UF tutkalını modifiye etmek için kullanılan ALFACELL ‘in özellikleri görülmektedir.

Tablo 9: UF tutkalını modifiye etmek için kullanılan Na-CMC özellikleri.

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	Kremsi beyaz, Serbest halde tanecikli yapıda		
KİMYASAL ÖZELLİKLER	Standart	Tanımlama	Method
Rutubet (%)	max. 12,0	10,3	IS 3220-1966
Aktif Maddesi (%)	min. 60,0	58,5	IS 3220-1966
Bağlanma Derecesi (Degree of Subtituon (DS))	0,70–0,90	0,78	IS 3220-1966
Toplam tuz (%) Kuru halde	max. 40,0	41,5	IS 3220-1966
pH (25 °C % 1 çözeltilde)	8,0–10,0	9,8	WTW inoLab pH Level 1
Viskozite(%2 çözeltilde)	200-250	245	BROOKFIELD LVDV-I

2.2 Yöntem

2.2.1 Yongaların Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak yongalar orta ve yüzey yongaları olmak üzere hazır halde temin edildiği için kullanımdan önce tekrar bir eleme ve sınıflandırma işlemi yapılmamıştır.

2.2.2 Yongaların Kurutulması

Test örneklerinin üretiminde kullanılacak yongaların kurutma öncesi rutubeti yaklaşık %10-12 civarında olup, bu rutubet levha üretimine uygun değildir. Yongaların bu rutubette kullanılması durumunda, ortaya çıkabilecek olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve istenilen özelliklerde levha üretebilmek amacıyla yongalar kurutma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu amaçla yongalar alt- üst ve orta tabakalar ayrı ayrı olmak üzere etüv içerisinde 110-120° C de 2-4 saat bekletilip rutubetin düşmesi sağlanmıştır. Bu sayede tutkallama öncesi %0,5-3'e kadar düşen rutubet levha üretimine uygun hale gelmiştir (Şekil 46).

İstenilen rutubet içeriğine kadar kurutulan yongalar 20±2C° ye kadar soğuması için bekletilmelidir. Aksi durumda, yongaların sıcak halde tutkallanması üretilen levha özelliklerini olumsuz etkileyecektir.



Şekil 46: Yongaların etüvde kurutulması.

2.2.3 Na CMC Çözeltisi Hazırlanması

UF tutkalına ilave edilmek üzere önce Na-CMC çözeltisi hazırlanmıştır. Buna göre yaklaşık olarak tutkal viskozitesini yakın olması için çözelti konsantrasyonu %7 olarak belirlenmiştir. Bu çözeltiyi elde edebilmek için 93 gr su (20°C) içerisine 7 gr Na-CMC mekanik

karıştırıcıda 900 devirde 3 dakika, 1100 devirde 5 dk, 1300 devirde 5 dk, 1500 devirde 5 dk, 1700 devirde 2 dk karıştırılarak kademeli olarak yavaş yavaş su içerisine ilave edilerek homojen bir çözelti elde edilmiştir. Bu şekilde %7' lik Na-CMC çözeltisi her levha grubu için ayrı ayrı hazırlanmıştır (Biçer, 2014).

2.2.4 UF tutkalının Na-CMC ile Modifiye Edilmesi ve Yongaların Tutkallanması

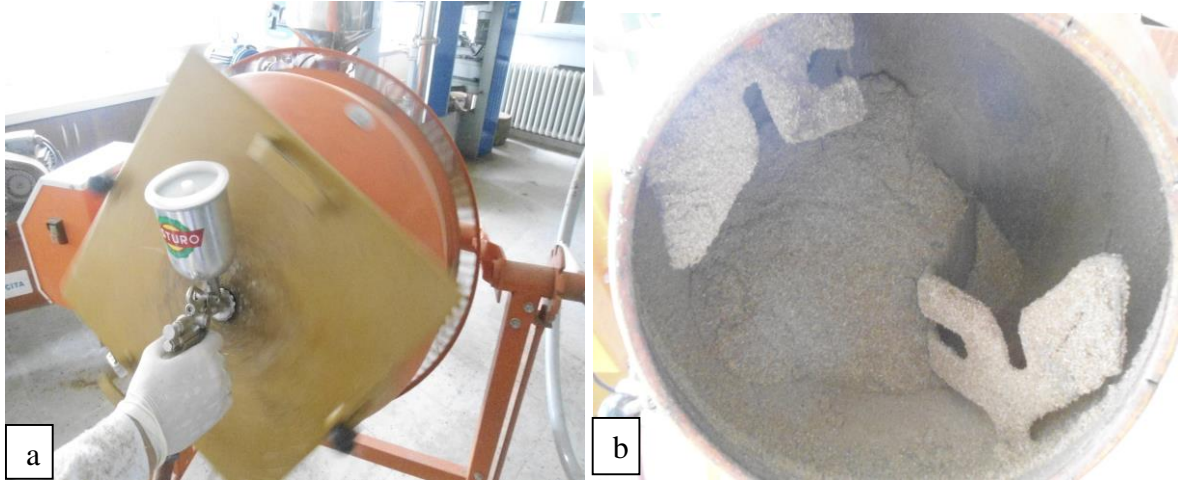
Çalışmada yapıştırıcı olarak %50 konsantrasyondaki modifiyeli UF tutkalı kullanılmıştır. UF tutkalını modifiye etmek için hazırlanan %7' lik Na CMC çözeltisi her bir levha üretimi için gerekli olan UF tutkalından %0-5-10-15-20-25-30-35-40-45-50 oranlarında azaltılıp yerine %7' lik Na CMC çözeltisi ilave edilmiştir. Deney levhaları üretiminde UF/Na-CMC oranları 100/0, 95/5, 90/10, 85/15, 80/20, 75/25, 70/30, 65/35, 60/40, 55/45, 50/50 olacak şekilde UF tutkalı Na-CMC ile modifiye edilerek kullanılmıştır. Ayrıca tutkallama işleminden hemen önce tutkal ağırlığına oranla %1 olacak şekilde %20' lik amonyum klorür (NH_4Cl) sertleştiricisi eklenmiştir.

Levhaların üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalının miktarı tam kuru yonga ağırlığı üzerinden hesaplanmıştır. Bu amaçla, bir levha üretiminde alt-üst tabaka için hesaplanan tam kuru yonga ağırlığının %10' u, orta tabaka için hesaplanan tam kuru yonga ağırlığının ise %8' i kadar Na-CMC ile modifiye edilmiş UF tutkalı hazırlanmıştır. Orta ve alt-üst tabaka yongaları ayrı ayrı tutkallama işlemine tabii tutulmuşlardır.

Tutkallama işlemi 2 karıştırma koluna sahip beton mikseri içerisinde yapılmıştır. Bu makinede motora bağlı milin dönmesi ile birlikte dönme hareketi karıştırıcı kazanın kenarındaki dişlilere iletilmektedir. Bu sayede kazanın dönmesi ile birlikte karıştırıcı kollar yongaları sürekli olarak karıştırmaktadır. Şekil 47'de yongaların tutkallanması ve tutkallanmış yongalar görülmektedir.

Tutkal püskürtme işlemi 2,2 µm nozul çapına sahip boya tabancası ile yapılmıştır. Boya tabancasının alt kısmındaki aparat kompresör hortumuna takılmaktadır. Kompresörden tabancaya yaklaşık 6 kg/cm² lik bir basınç uygulanmakta olup, bu basınç tutkal çözeltisinin yoğunluğuna ve tutkallama hızına bağlı olarak ayarlanmaktadır. Tutkallamanın homojen bir şekilde yapılabilmesi için tutkallama süresine dikkat edilmelidir. Tutkallama süresi kullanılan tutkalın özelliğine ve basınca bağlı olarak 2-4 dk. arasında

değişmektedir. Tutkallama işleminin sonunda tutkallı yongaların rutubetleri ayrı ayrı belirlenerek alt-üst ve orta tabaka için serme ağırlığı saptanır. Tutkallama sonrası yonga rutubeti yaklaşık %8-12 arasında olmaktadır.



Şekil 47: a.Yongaların tutkallanması, b. Tutkallanmış yongalar.

2.2.5 Levha Taslağının Oluşturulması (Serme) ve Ön Presleme

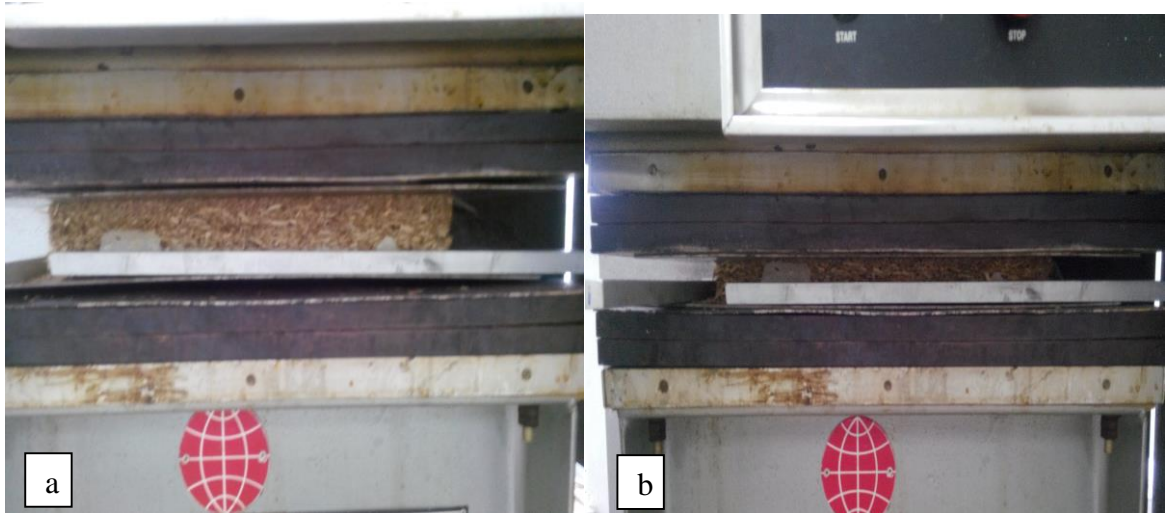
Levha taslağının hazırlanmasında 40x40 cm boyutlarında ahşap şekillendirme kalıbı kullanılmıştır. Levha taslağı, alt ve üst tabakalar %20 şer olmak üzere yüzey tabakaları levha kalınlığının %40'ını, orta tabaka ise, levha kalınlığının %60'ını oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Levha taslağının hazırlanmasında 2 mm kalınlığa sahip pres sacı kullanılmış, taslağın saclara yapışmasını önlemek amacıyla sacın yüzeyi yanmaz özelliğe sahip kağıtla kapatılmıştır. Alt ve üst kısımları açık olan kare biçimindeki çerçeve (kalıp) üzerinde yanmaz kağıt bulunan pres sacı yerleştirildikten sonra, önce tutkallanmış alt tabaka yongaları el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde serilmiş, ardından tutkallanmış orta tabaka yongaları ve son olarak üst tabaka yongaları serilmiştir (Şekil 48). Serme işleminden sonra yongalar şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla ile bastırılarak sıkıştırılmıştır. Daha sonra çerçeve kenarlarından tutularak yavaşça taslağı hareket ettirmemek koşulu ile kaldırılmıştır. Bu işlemden sonra sıkıştırma tablası yavaşça kaldırılarak taslağın üst yüzeyine yanmaz kağıtlar yerleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra taslağın üst kısmına diğer pres sacı yerleştirilmiş ve taslak düzgün bir şekilde, sarsıntı olmadan pres plakaları arasına preslenmek üzere yerleştirilmiştir.



Şekil 48: a.Yongaların serilmesi, b. Levha taslağı.

2.2.6 Sıcak Pres

Hazırlanan levha taslağının preslenmesinde laboratuvar tipi elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik pres kullanılmıştır. Pres pistonu altta olup, 180 ton kapasiteli ve 60x60cm ebatlarında tablolara sahiptir. Şekil 49’da levha taslağının prese yerleştirilmesi ve preslenmesi görülmektedir.



Şekil 49: a: Levha taslağının pres plakaları arasına yerleştirilmesi, b: preslenmesi.

Tablo 10: Levha gruplarının üretim parametreleri.

Kalınlık (mm)	16
Levha boyutları (mm)	400x400
Orta tabaka (%)	60
Alt-Üst tabaka (%)	20-20
Pres basıncı (N/mm ²)	150-170
Pres sıcaklığı (°C)	170-180
Pres zamanı (dakika)	5
Gruplarda üretilen levha miktarı	3

Pres plakaları arasında plakaların her bir kenarında toplam 4 adet olmak üzere 16 mm. kalınlığında kalınlık çitası kullanılmıştır. Levha gruplarının üretim parametreleri Tablo 10'da belirtilmiştir.

Tablo 11: Levha grupları ve UF/Na-CMC kullanım oranları.

Levha Grubu	Levha sayısı	UF/Na CMC Çözültisi Oranı (%)	Tutkal Kullanım Oranı (%)		Hedeflenen Levha Yoğunluğu (gr / cm ³)
			Orta Tabaka	Alt-Üst tabaka	
A	3	0	8	10	0,68
B	3	5	8	10	0,68
C	3	10	8	10	0,68
D	3	15	8	10	0,68
E	3	20	8	10	0,68
F	3	25	8	10	0,68
G	3	30	8	10	0,68
H	3	35	8	10	0,68
I	3	40	8	10	0,68
J	3	45	8	10	0,68
K	3	50	8	10	0,68

Levha grupları incelendiğinde, Na-CMC kullanım oranı %0-50 arasında % 5 oranında artacak şekilde toplam 11 farklı grup olup, her grup için de 3 adet olmak üzere toplam 33 adet levha üretilmiştir. Levha gruplarına ait bilgiler Tablo 11’de görülmektedir.

2.2.7 Presleme Sonrası İşlemler

Presleme işlemi sonucunda elde edilen levha pres sacı arasından alınarak soğumak üzere, yerden 12-18 mm. yükseklikteki 4 adet çıta üzerine bırakılmıştır. Her presleme işlemi sonunda levhalar aynı şekilde çıtalar kullanılarak üst üste istif yapılmış ve soğuyuncaya kadar bu şekilde bekletilmiştir. Bu sayede levhaların denge rutubetine gelmesi sağlanmıştır (Şekil 50).



Şekil 50: Üretilmiş levha grupları.

2.2.8 Zımparalama

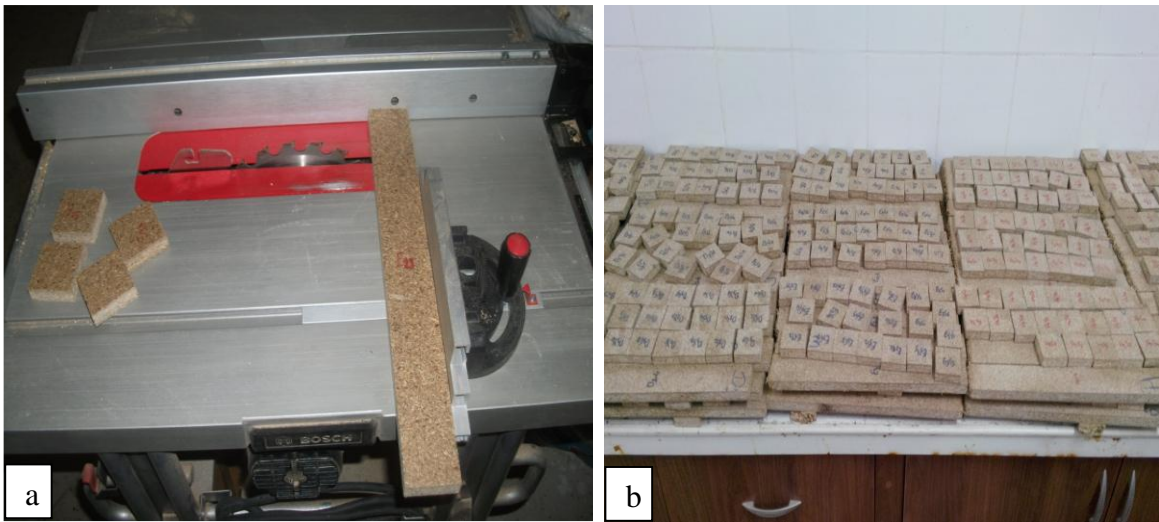
Presleme sonrası elde ettiğimiz levhaların yüzey düzgünlüğünü iyileştirmek ve levhaların kalınlıklarının daha homojen hale getirilmesi için levha yüzeyleri zımparalanmıştır. Bu işlem Bosch GBS 75 AE Professional marka el zımpara makinası ile 120 numara zımpara taşı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 51’de levhaların zımparalanması ve zımparalanmış levha yüzeyi görülmektedir.



Şekil 51: a: Levhaların zımparalanması, b: Zımparalanmış levha yüzeyi.

2.2.9 Numaralandırma ve Boyutlandırma

Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit edebilmek için deney örnekleri ilgili standartlara göre hazırlanmıştır. Boyutlandırma işlemi tüm örnekleri temsil edecek şekilde olup, önce numaralandırma yapılmış ardından örnekler kesilmiştir. Eğilme elastikiyet deneyi için 32x5cm boyutlarında örnekler, çekme direnci ve su alma ve şişme deneyi için ise 5x5cm boyutlarında örnekler levhalardan kesilmiştir. Şekil 52’te deney levhalarının boyutlandırılması ve boyutlandırılmış levha grupları görülmektedir.



Şekil 52: a: Deney levhalarının boyutlandırılması, b: Boyutlandırılmış levha grupları.

2.3 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini

2.3.1 Fiziksel Özellikler

Levhaların rutubet, yoğunluk ve su alma-kalınlığına şişme deneyleri Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

2.3.1.1 Rutubet

Rutubet miktarı tayini TS-EN 322 (1999)'da belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 9 adet olmak üzere standarda uygun olarak 50x50mm boyutlarda hazırlanan örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler $\pm 0,01g$ duyarlılıktaki terazide tartıldıktan sonra kurutma fırınında $103\pm 2^{\circ}C$ 'de değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartım arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlığının %1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde bu ağırlık değişmez ağırlık kabul edilmiştir. Daha sonra örnekler kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra $\pm 0,01g$ hassasiyette tartılmıştır. Örneklerin rutubet miktarları aşağıda verilen Eşitlik 1 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} * 100 \quad (1)$$

Burada;

r :Rutubet miktarı (%)

m_r : Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m_o :Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

2.3.1.2 Yoğunluk

Levhaların yoğunluğunun belirlenmesi TS EN 323 (1999)' a göre yapılmış olup, TS EN 325 (1999)' e göre deney numunelerinin boyutları belirlenmiş ve 50x50 mm boyutlarında her bir levhadan 15' er tane olmak üzere bir gruptan 45 adet örnek kullanılmıştır. TS EN 326-1 (1999)' e göre deney numuneleri kesilmiş, hazırlanan hava kuru örneklerin ağırlıkları

hassas terazide tartılmıştır ve boyutları ise $\pm 0,01$ duyarlıktaki kumpasla ölçülmüştür. Örneklerin yoğunlukları Eşitlik 2' ye göre hesaplanmıştır.

$$d = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Burada:

d: Yoğunluk (gr/cm³)

m: Deney örneğinin tam kuru ağırlığı (gr)

V: Deney örneğinin tam kuru hacmi (cm³)

2.3.1.3 Su Alma ve Kalınlığa Şişme

TS EN 317 (1999)' de belirtilen esaslardan yararlanılarak her bir levhadan 5 toplamda her gruptan 15 adet örnek kullanılmıştır. Standarda uygun şekilde hazırlanan örnekler, TS EN 325 (1999)' e uygun olarak mikrometre ile örneğin köşelerinin kesişme noktasından 0.01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Örnekler birbirine ve konulan su kabının tabanına ve kenarlarına temas etmeyecek şekilde dikine olarak yerleştirilmiştir. pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı 20 ± 1 °C olan suyun içerisinde üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık 25 ± 5 mm lik aşağıda olacak şekilde su içerisine daldırılmıştır. Su alma ve kalınlığına şişme deneyleri için 2, 24 ve 72 saatlik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler esnasında, sudan çıkarılan örnekler, üzerindeki fazla sulardan arındırıldıktan bekletilmeden kalınlık ölçümlerinin yapıldığı yerlerden yeniden ölçümler yapılmıştır. Numunelerin kalınlığına artım miktarları Eşitlik 3' e göre hesaplanmıştır.

$$KS = \frac{m_s - m_0}{m_0} * 100 \quad (3)$$

Burada;

K.S: Deney örneklerinin kalınlık artım miktarı (%)

ms: Deney örneğinin su almış haldeki kalınlığı (mm)

mo: Deney örneğinin tam kuru haldeki kalınlığı (mm)

Benzer şekilde aynı deney örneklerinin suya daldırmadan önceki ve 2, 24, 72 saat sonraki ağırlık farklarının başlangıç ağırlığına oranlanması ile Eşitlik 4 yardımıyla su alma oranı hesaplanmıştır.

$$SA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \quad (4)$$

Burada;

SA: Su alma miktarı

m_1 : Örneklerin suya daldırmadan önceki ağırlığı (g)

m_2 : Örneklerin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (g)

2.3.2 Mekanik Özellikler

Levhaların kullanım yeri şartlarının belirlenmesinde önem arz eden eğilme direnci-elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci testleri U test üniversal test cihazında yapılmıştır. Test işlemlerinden önce örnekler % (65 ± 5) nispi rutubet ve (20 ± 2)°C sıcaklıkta kondisyonlama işlemine tabi tutulmuştur.

2.3.2.1 Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS EN 310 (1999)' a göre yapılmıştır. Numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesi işlemi ise TS EN 326-1 (1999)' e göre; deney parçaları dikdörtgen biçiminde olup, 50 mm genişliğinde ve uzunluk ise deney parçasının anma kalınlığının 20 katı ± 50 mm en çok 1050 mm ve en az 150 mm olacak şekilde ve mm yaklaşımla ayarlanır. Örnekler istenilen boyutlarda kesildikten sonra TS EN 325 (1999)' e uygun olarak; kalınlık, köşelerin kesişme noktasından, genişlik ise uzunluğun ortasından mikrometre ile ölçülür. Yük, deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60± 30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır.

Her bir deney parçasının eğilme dayanımı, en büyük kuvvet “F Max” anındaki momentin en kesit alanına oranı yoluyla hesaplanır (Eşitlik 5).

$$E. D = \frac{3 * F_{max} * L}{2 * b * d^2} \quad (N/mm^2) \quad (5)$$

Burada;

E.D: Eğilme direnci (N/mm²)

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

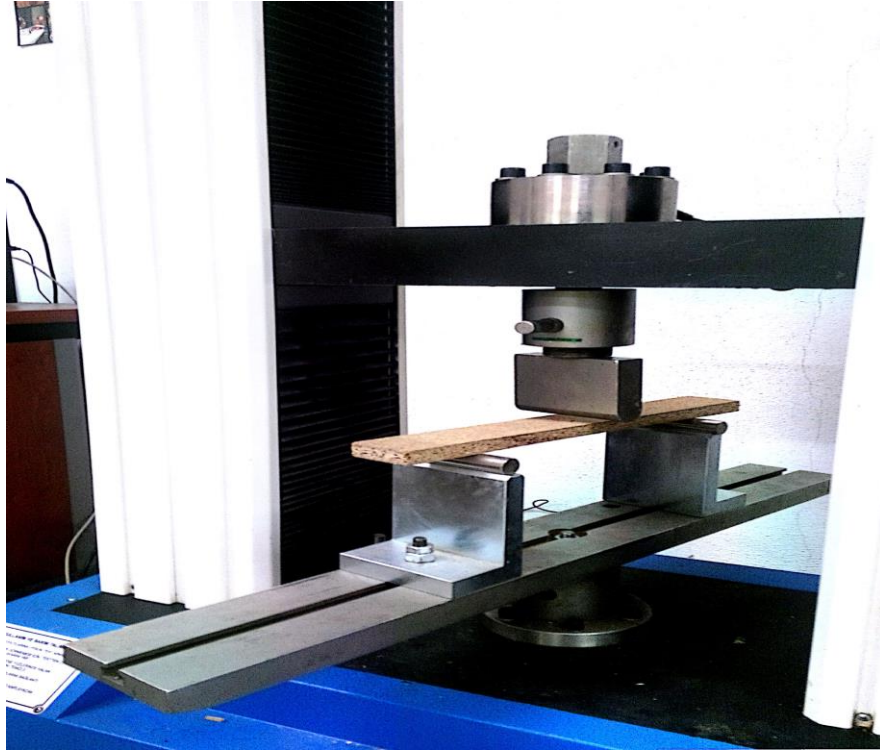
L: Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b: Deney örneğinin genişliği (mm)

d: Deney örneğinin kalınlığı (mm)

2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü EN 310 (1999)'da belirtilen standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Örnekler, %65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü Eşitlik 6 yardımı ile hesaplanmıştır. Şekil 53'de eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü deneyinin yapılışı görülmektedir.



Şekil 53 : Eğilme- Elastikiyet deneyi.

$$E. M = \frac{I_1^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * t^3 * (a_2 - a_1)} \quad (N/mm^2) \quad (6)$$

Burada;

E.M: Eğilmede elastikiyet modülü

I₁: Dayanak eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

t: Örnek kalınlığı (mm)

F₂-F₁: Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)

a₂-a₁: Kuvvet artışları nedeniyle örnek uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim farkıdır.

2.3.2.3 Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme deneyleri TS EN 319 (1999)' a göre universal test makinasında yapılmıştır. Numunelerin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1 (1999)' e uygun olarak yapılmış olup, kenar uzunluğu 50±1mm olan kare şeklinde, kenarları dik uçları düzgün ve temiz olarak kesilmiştir. Hazırlanan her bir örneğin boyutları alan belirlemek için; TS EN 325 (1999)'e uygun olarak 0,01 duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Örnekler standartlara uygun şekilde hazırlanmış olan alüminyumdan hazırlanmış metal aparatlara sıcak silikon ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan örnekler tam olarak soğuduktan sonra, numune deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve yüzeye dik yönde kopması sağlanmıştır. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yüzey alanına oranı yardımı ile yüzeye dik çekme direnci Eşitlik 7' ye göre hesaplanmıştır;

$$\text{Ç.D} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (7)$$

Burada;

Ç.D: Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F Max : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A : Örneğin enine kesit alanı (mm²)

2.4 Formaldehit Emisyonu

Formaldehit emisyonu TS 4894 EN 120 (1999)' a uygun olarak perforatör yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntemde ekstraksiyon ile levhadaki serbest formaldehitin suya geçmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla belirli miktardaki örnek tolüen içerisinde kaynatılmaktadır.

Bu yöntemde, 23±1 ve %40 RH şartlarında kondisyonlanan yaklaşık 110-120 g ağırlığındaki, 25 mm*25 mm boyutlarında deney örnekleri perforatör cihazının cam balonu içine konulmuş ve üzerine 600 ml tolüen ilave edilmiştir. Ekstraksiyon süresi boyunca tolüenin geri akışı dakikada 70-90 damla olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi ilk damladan başlamak koşulu ile 2 saat devam etmiş, sürenin sonunda düzenek ve balonun soğuması beklendikten sonra perforatör içindeki formaldehit su karışımı 2000 ml'lik balon jöjeye aktarılıp üzeri saf su ile 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Karışım homojen olması için çalkalanmış ve deneye hazır hale getirilmiştir. Daha sonra biri test diğeri kör numune için kullanılmak üzere 2 adet temiz tüp alınıp ikisine de 4,5 ml sıvı ölçüm kitinden ve 1 mikro kaşık toz ölçüm kitinden konarak karıştırılmıştır. Test tüpüne 3 ml formaldehitli su, kör numune tüpüne ise 3 ml saf su ilave edilip 10 dk'lık reaksiyon süresi boyunca beklenmiş ve ardından spektrofotometre ölçümüne geçilmiştir. Formaldehit emisyonu Eşitlik 8 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$F. E = \frac{2 \cdot Xr}{m_0} * 100 \quad (8)$$

Burada;

F.E: Formaldehit emisyonu (ml/100g)

Xr: Cihazda okunan değer

m₀: Tam kuru ağırlık

2.5 Na-CMC İle Modifiye Edilmiş Üre Formaldehit (UF) Tutkalının Karakterizasyonu

Na-CMC-UF karışımlarının tüm varyasyonlarının viskozite, pH ölçümleri ile FTIR analizleri yapılmıştır. FTIR analizi ile Na-CMC ilavesinin UF yapısında neden olacağı olası değişiklikler ve karakteristik bağ pikleri belirlenmeye çalışılmıştır. FTIR analizinden önce Na-CMC-UF karışımları 2 gün boyunca 85 C⁰ de etüvde bekletilmiş, daha sonra havanda

dövölerek toz haline getirilmiştir. FTIR analizi Shimadzu 8400s cihazında KBr pellet hazırlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için KBr ve toz halindeki Na-CMC örneğinden, Na-CMC/KBr oranı 1/100 (mg) olacak şekilde agat havana alınarak öğütülmüş ve karışımı sağlanmıştır. Daha sonra bu karışımı rutubet alımını önlemek için hızlıca pellet oluşturma seti içerisine alınmış ve 50-60 KN basınçta 5 dk bekletilerek pellet oluşturulmuştur. Elde edilen pelletlerin FTIR cihazında analizleri yapılmıştır.

BÖLÜM III

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Levhaların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular

Levhaların fiziksel özelliklerinden özgül ağırlık ve rutubet değerleri belirlenip, 2, 24 ve 72 saatlik su alma-kalınlığına şişme deneyleri yapılmıştır.

3.1.1 Özgül Ağırlık

Levha gruplarının ortalama özgül ağırlık ve standart sapma değerleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Levha gruplarının ortalama özgül ağırlık değerleri.

Levha Grupları		Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)
A	Ortalama	50,08	50,29	15,37	27,09	0,70
	Standart Sapma	0,33	0,20	0,36	1,32	0,04
B	Ortalama	49,68	50,45	15,46	26,44	0,68
	Standart Sapma	0,37	0,14	0,37	1,08	0,04
C	Ortalama	49,99	50,52	15,42	26,61	0,68
	Standart Sapma	0,46	0,16	0,32	1,23	0,04
D	Ortalama	50,15	50,43	15,41	26,72	0,69
	Standart Sapma	0,46	0,14	0,41	1,17	0,04
E	Ortalama	50,27	50,50	15,46	26,46	0,67
	Standart Sapma	0,40	0,15	0,49	1,16	0,05
F	Ortalama	50,09	50,44	15,43	26,15	0,67
	Standart Sapma	0,32	0,17	0,41	0,97	0,04
G	Ortalama	50,06	50,51	15,30	26,72	0,69
	Standart Sapma	0,36	0,17	0,44	1,09	0,04
H	Ortalama	49,84	50,45	15,33	26,86	0,70
	Standart Sapma	0,40	0,18	0,45	1,14	0,04
I	Ortalama	50,02	50,50	15,45	26,89	0,69
	Standart Sapma	0,34	0,15	0,54	0,87	0,04
J	Ortalama	49,90	50,22	15,57	26,63	0,68
	Standart Sapma	0,31	0,22	0,42	0,95	0,03
K	Ortalama	50,0	50,3	15,19	26,12	0,68
	Standart Sapma	0,4	0,1	0,42	0,81	0,03

Tablo 12’de verilen levha gruplarına ait örnek boyutları ve özgül ağırlıklar incelendiğinde verilerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. TS EN 312 standardında yonga levhalarda ortalama yoğunluğa dair toleransın \pm %10 olması gerektiği belirtilmiştir. Ortalama özgül ağırlık değerleri 0,68-0,70 g/cm³ arasında değişmekte olup, bu değerler çalışmanın başında hedeflenen 0,68g/cm³ ile kıyaslandığında aradaki farkın standartlara uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca İstek ve Sıradağ (2013) yapmış oldukları çalışmada yonga levhalarda yoğunluk değişiminin %10’dan fazla olmasının levha özelliklerini istatistiksel olarak anlamlı etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz değerler ele alındığında, hedeflenen özgül ağırlık değerinden sapmanın en fazla %3-3,5 olduğu görülmektedir.

3.1.2 Rutubet

Tablo 13’ de levha gruplarının ortalama rutubet değerleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde levha gruplarının % 4 ile 5 arasında değişen değerler aldığı görülmektedir.

Tablo 13: Levha gruplarının ortalama rutubet değerleri.

Levha Grupları	Örnek sayısı		İlk ağırlık (g)	Son ağırlık (g)	Rutubet (%)
A	9	Ortalama	26,83	25,74	4,21
		Standart Sapma	1,22	1,17	0,13
B	9	Ortalama	26,54	25,30	4,91
		Standart Sapma	0,43	0,45	0,88
C	9	Ortalama	26,41	25,14	5,05
		Standart Sapma	1,21	1,15	0,11
D	9	Ortalama	27,01	25,69	5,11
		Standart Sapma	1,10	1,03	0,16
E	9	Ortalama	26,64	25,24	4,91
		Standart Sapma	0,77	0,84	0,25
F	9	Ortalama	26,20	24,99	4,84
		Standart Sapma	1,09	1,05	0,16
G	9	Ortalama	26,77	25,62	4,49
		Standart Sapma	1,08	1,04	0,08
H	9	Ortalama	27,00	25,80	4,66
		Standart Sapma	0,67	0,65	0,14
I	9	Ortalama	27,14	25,89	4,80
		Standart Sapma	0,72	0,68	0,15
J	9	Ortalama	26,30	25,06	4,95
		Standart Sapma	0,83	0,87	1,24
K	9	Ortalama	26,17	25,01	4,63
		Standart Sapma	0,74	0,70	0,11

Tablo 13 incelendiğinde ortalama levha rutubetlerinin TS EN 312 standardında belirtilen %5-13 aralığına uygun olduğu görülmektedir.

3.1.3 Su Alma Ve Kalınlığına Şişme Oranı

Levha gruplarının 2, 24 ve 72 saatlik ortalama su alma-kalınlığına şişme miktarları ve standart sapmaları Tablo 14’te görülmektedir.

Tablo 14: Levha gruplarının ortalama su alma ve kalınlığına şişme değerleri.

Levha grupları	2 Saat K.Ş.M (%)		24 Saat K.Ş.M (%)		72 Saat K.Ş.M (%)		2 saat S.A.M (%)		24 saat S.A.M (%)		72 saat S.A.M (%)	
	x	Sd	x	Sd	x	Sd	x	Sd	x	Sd	x	Sd
A	28,76	1,53	34,67	1,93	37,03	1,95	73,68	6,42	88,12	5,20	95,86	6,45
B	28,45	1,10	33,93	1,77	36,26	1,90	76,06	5,55	90,36	4,95	101,75	6,59
C	31,12	1,99	36,46	2,61	39,12	2,74	75,81	6,23	88,18	4,40	101,02	5,55
D	31,06	2,64	36,02	3,08	38,15	3,38	75,24	5,97	87,86	5,25	99,86	8,37
E	32,71	1,70	37,89	1,69	40,88	1,69	79,26	5,32	92,14	5,15	102,26	6,99
F	30,28	1,97	35,76	2,43	38,36	2,72	78,07	2,74	93,51	3,56	104,22	4,34
G	32,56	2,04	38,67	2,75	41,50	2,96	81,14	5,11	93,87	4,98	104,81	5,33
H	34,61	1,75	40,99	1,60	44,67	2,43	82,20	5,45	96,77	6,43	108,24	6,55
I	39,08	3,60	45,21	4,01	49,19	4,06	86,32	3,51	101,36	4,64	112,72	4,56
J	38,85	1,82	45,44	2,42	48,66	2,32	87,91	3,79	101,82	4,46	113,12	4,96
K	41,00	2,21	49,33	2,41	53,25	2,78	92,71	5,57	105,67	4,99	110,8	32,26

Not: K.Ş.M: Kalınlığına şişme miktarı, S.A.M: Su alma miktarı, Sd : Standart sapma, x: Ortalama değer.

Tablo 14’te görüldüğü gibi levha gruplarının 2, 24 ve 72 saatlik su alma ve kalınlığına şişme oranları farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için ANOVA testi yapılmıştır. Sonuçlar başlıklar halinde irdelenmiştir.

3.1.3.1 Su Alma Oranı (2 saat)

Levha gruplarının 2 saatlik su alma değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15: Levhaların 2 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	5342,513	10	534,251	20,003	,000
Grup İçinde	3979,622	149	26,709		
Toplam	9322,135	159			

Levha grupları arasında 2 saatlik su alma oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (F=20,003, p=,000, p<,05).

ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 16’ da verilmiştir. Tablo 16’ ya göre A, D, C ve B levhaları en düşük 2 saatlik su alma oranına sahip olup, aynı homojenlik grubunda yer almıştır.

Tablo 16: Levhaların 2 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları				
		1	2	3	4	5
A Levhası	15	73,67				
D Levhası	15	75,23	75,23			
C Levhası	15	75,81	75,81			
B Levhası	10	76,05	76,05			
F Levhası	15		78,07			
E Levhası	15		79,25	79,25		
G Levhası	15			81,13		
H Levhası	15			82,20		
I Levhası	15				86,31	
J Levhası	15				87,91	
K Levhası	15					92,70
Önem Düzeyi (p)		,267	,064	,051	,410	1,000
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$						

2 saat su alma değeri Na-CMC kullanım oranının artması ile artmaktadır, ancak bu artış doğrusal değildir. İstatistiksel olarak 2 saatlik su alma değeri açısından %0 Na-CMC kullanımı ile %5,10 ve 15 Na-CMC kullanımı arasında fark olmadığı anlaşılmıştır. Kontrol levhası olan A grubu levhalarda %73,68 olarak ölçülen 2 saat su alma değeri, %50 Na-CMC kullanılan K levhasında %92,71 değerini almıştır.

3.1.3.2 Su Alma Oranı (24 saat)

Levha gruplarının 24 saatlik su alma değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 17’ de verilmiştir. Levha grupları arasında 24 saatlik su alma oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($F=22,502$, $p=,000$, $p<,05$).

Tablo 17: Levhaların 24 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	5601,318	10	560,132	22,502	,000
Grup İçinde	3709,047	149	24,893		
Toplam	9310,365	159			

Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 18’ de verilmiştir. Tablo 18’ e göre, D, A, C ve B levhaları 2 saatlik su alma oranı sonuçlarına benzer şekilde aynı homojenlik grubunda yer alıp en düşük değerleri almıştır. Farklı olarak %15 Na-CMC kullanılan D levhası, kontrol grubu olan A levhasından daha düşük değer almıştır.

Tablo 18: Levhaların 24 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları				
		1	2	3	4	5
D Levhası	15	87,85				
A Levhası	15	88,12				
C Levhası	15	88,18				
B Levhası	10	90,35				
E Levhası	15		92,14			
F Levhası	15		93,50			
G Levhası	15		93,87	93,87		
H Levhası	15			96,77		
I Levhası	15				101,36	
J Levhası	15				101,82	
K Levhası	15					105,67
Önem Düzeyi (p)		,227	,087	,099	,807	1,000
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$						

Tablo 18 incelendiğinde %0 Na-CMC içeren A grubu ile %5, 10 ve 15 Na-CMC içeren sırasıyla B, C ve D grubu levhalar arasında istatistiksel açıdan fark olmayıp bu levhalar aynı homojenlik grubunda yer almıştır.

3.1.3.3 Su Alma Oranı (72 saat)

Levha gruplarının 72 saatlik su alma değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 19’ da verilmiştir.

Tablo 19: Levhaların 72 saat su alma değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	7443,031	10	744,303	19,326	,000
Grup İçinde	5738,421	149	38,513		
Toplam	13181,452	159			

Levha grupları arasında 72 saatlik su alma oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($F=19,326$, $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20 incelendiğinde 2 ve 24 saatlik su alma homojenlik testi sonuçlarından farklı olarak 6 homojenlik grubu olduğu görülmektedir. 72 saatlik su alma oranları açısından kontrol levhası olan A grubu ile %15 Na-CMC içeren D grubunun en düşük değerleri alarak aynı grupta yer aldığı ve aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmektedir. 2 ve 24 saatlik su alma sonuçlarına benzer şekilde %50 Na-CMC kullanılan K grubu en yüksek su alma değerine sahiptir.

Tablo 20: Levhaların 72 saat su alma verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları					
		1	2	3	4	5	6
A Levhası	15	95,85					
D Levhası	15	99,86	99,86				
C Levhası	15		101,02				
B Levhası	10		101,75				
E Levhası	15		102,26				
F Levhası	15		104,22				
G Levhası	15		104,81	104,81			
H Levhası	15			108,24			
I Levhası	15				112,7	112,7	
J Levhası	15					113,1	
K Levhası	15						121
Önem Düzeyi (p)		,086	,062	,103	,055	,866	1,00
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$							

3.1.3.4 Kalınlığa Şişme Oranı (2 saat)

Levha gruplarının 2 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 21’ de verilmiştir.

Tablo 21: Levhaların 2 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	2699,703	10	269,970	58,658	,000
Grup İçinde	685,766	149	4,602		
Toplam	3385,469	159			

Levha grupları arasında 2 saatlik kalınlığına şişme oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($F=58,658$, $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 22’ de verilmiştir.

Tablo 22: Levhaların 2 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları						
		1	2	3	4	5	6	7
B Levhası	10	28,45						
A Levhası	15	28,76	28,76					
F Levhası	15		30,27	30,27				
D Levhası	15			31,06	31,06			
C Levhası	15			31,11	31,11			
G Levhası	15				32,55			

Tablo 22: (devam ediyor).

E Levhası	15					32,70	
H Levhası	15					34,61	
J Levhası	15					38,85	
I Levhası	15					39,08	
K Levhası	15					41,00	
Önem Düzeyi (p)	,700	,060	,326	,061	1,000	,773	1,000
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$							

Tablo 22 incelendiğinde oluşan 7 homojenlik grubunda % 5 Na-CMC içeren B grubu ile Na-CMC içermeyen A grubu levhaların en düşük 2 saatlik kalınlığına şişme değerlerine sahip olduğu ve aynı homojenlik grubunda yer aldığı görülmektedir. B grubu levhalar %28,45 ile kontrol grubundan da düşük değere sahipken, %50 Na-CMC içeren K grubu %41 ile en yüksek 2 saatlik kalınlığına şişme oranına sahip grup olmuştur.

3.1.3.5 Kalınlığa Şişme Oranı (24 saat)

Levha gruplarının 24 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 23' te verilmiştir.

Tablo 23: Levhaların 24 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	3735,713	10	373,571	57,986	,000
Grup İçinde	959,931	149	6,442		
Toplam	4695,644	159			

Levha grupları arasında 24 saatlik kalınlığına şişme oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($F=57,986$, $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu

belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 24’ te verilmiştir.

Tablo 24 incelendiğinde 2 saatlik su alma sonuçlarına benzer şekilde B ve A gruplarına ilaveten %25 Na-CMC içeren F grubu da en düşük değerleri alarak aynı homojenlik grubunda yer almıştır. En düşük 24 saatlik su alma oranına sahip levha grubu %33,92 ile B grubu olurken en yüksek oran %50 Na-CMC içeren K levhasında görülmüştür.

Tablo 24: Levhaların 24 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları						
		1	2	3	4	5	6	7
B Levhası	10	33,92						
A Levhası	15	34,66	34,66					
F Levhası	15	35,76	35,76					
D Levhası	15		36,01	36,01				
C Levhası	15		36,46	36,46				
E Levhası	15			37,88	37,88			
G Levhası	15				38,67			
H Levhası	15					40,99		
I Levhası	15						45,20	
J Levhası	15						45,43	
K Levhası	15							49,32
Önem Düzeyi (p)		,068	,086	,063	,410	1,000	,810	1,000
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$								

3.1.3.6 Kalınlığa Şişme Oranı (72 saat)

Levha gruplarının 72 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 25’ de verilmiştir.

Tablo 25: Levhaların 72 saatlik kalınlığına şişme değerlerine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	4645,484	10	464,548	62,388	,000
Grup İçinde	1109,478	149	7,446		
Toplam	5754,962	159			

Levha grupları arasında 72 saatlik kalınlığına şişme oranlarında anlamlı farklılık olup olmadığını incelemek üzere yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($F=62,338$, $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 26’ te verilmiştir.

Tablo 26: Levhaların 72 saatlik kalınlığına şişme verilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları						
		1	2	3	4	5	6	7
B Levhası	10	36,25						
A Levhası	15	37,02	37,02					
D Levhası	15	38,15	38,15					
F Levhası	15	38,36	38,36					
C Levhası	15		39,11	39,1				
E Levhası	15			40,8	40,88			
G Levhası	15				41,49			
H Levhası	15					44,66		
J Levhası	15						48,65	
I Levhası	15						49,18	
K Levhası	15							53,25
Önem Düzeyi (p)		,060	,062	,085	,548	1,000	,603	1,000
$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$								

Tablo 26'ya göre %5 Na-CMC içeren B levha grubu %36,26 ile en düşük değeri alıp, %15,%25 ve %0 Na-CMC içeren sırasıyla B, F ve A grupları ile aynı homojenlik grubunda yer almıştır. En yüksek 72 saatlik su alma oranı %53,25 ile K grubunda görülmüştür.

Su alma ve kalınlığına şişme sonuçları incelendiğinde Na-CMC kullanım oranı ile birlikte su alma ve şişme oranlarında artış olduğu görülmüştür. Ancak bu artış doğrusal olmayıp özellikle %10 Na-CMC içeren C grubu levhalarda su alma ve kalınlığına şişme değerleri kontrol grubu değerlerine yakın çıkmış ve genellikle istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Na-CMC kullanım oranının artmasıyla birlikte levha gruplarının su alma ve kalınlığına şişme oranlarında artış olması Na-CMC'nin suyu seven yapısına atfedilebilir. Yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde;

Biçer (2014) bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde sırasıyla %10, %5 ve %0 Na-CMC içeren C, B ve A gruplarında en düşük 2 saatlik su alma değerlerini tespit etmiş ve bu varyasyonlar aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Çalışmamızda ise bu gruplara ilaveten %15 Na-CMC içeren D grubu da aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Ayrıca en düşük 2 saatlik su alma değeri %73,68 ile kontrol grubunda belirlenirken, Biçer (2014) çalışmasında kontrol değerinin 2 saatlik su alma değerini %87,68 olarak bulmuştur. Bu farkın temel sebebinin su itici parafin kullanımı olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda kullandığımız parafinden dolayı Biçer 2014 e göre tüm su alma ve kalınlığına şişme değerleri daha düşük seviyelerde kalmıştır. Buna ilaveten çalışmamızda kullandığımız Na-CMC çeşidinin farklı olması da ilgili değerlerin daha düşük seviyelerde kalmasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca levha gruplarının ortalama yoğunluk değerlerinin farklı oluşunun da su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin farklı çıkmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

24 saatlik su alma sonuçları incelendiğinde, 2 saatlik sonuçlara benzer şekilde sırasıyla %15, 0, 10 ve 5 Na-CMC içeren D, A, C ve B levha grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüştür. 2 saatlik su alma sonuçlarından farklı olarak D levha grubu %87,86 ile kontrol levhasından daha düşük bir değer almıştır. Bu sonuçlar Biçer 2014 ile karşılaştırıldığında benzer şekilde aynı levha gruplarının en düşük değeri alarak aynı homojenlik grubunda yer aldığı görülmüştür. Farklı olarak 2 saatlik su alma sonuçlarında

bahsedilen sebeplerden dolayı en düşük 24 saatlik su alma değeri Biçer (2014)'te %103,37 iken, çalışmamızda bu değer %87,86 olarak tespit edilmiştir.

72 saatlik su alma sonuçlarına bakıldığında sırasıyla %0 ve %15 Na-CMC içeren A ve D grubu levhalar %95,86 ve %99,86 ile en düşük değerleri alarak aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. %50 Na-CMC içeren K grubu levhaların 72 saat sonundaki su alma değeri %120 olup, Biçer 2014 çalışmasında benzer oranlar %30-35 Na-CMC içeren levhalarda 24 saat sonunda görülmüştür. Bu farklılığın temel sebebinin çalışmamızda kullandığımız su itici parafin olduğu düşünülmektedir.

Kalınlığına şişme sonuçları incelendiğinde su alma sonuçlarına benzer şekilde genel olarak Na-CMC kullanım oranının artmasıyla kalınlığına şişme değerlerinde artış görülmektedir. %5 Na-CMC içeren B grubu levhalar ile kontrol grubu olan A grubu levhalarda en düşük 2 saatlik kalınlığına şişme değerleri gözlemlenmiş olup bu iki varyasyon aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. Biçer 2014 te ise sırasıyla %0, 5, 10, 15 ve 20 Na-CMC içeren A, B, C, D ve E grubu levhalar en düşük değerleri alarak aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. Çalışmamızda en yüksek 2 saatlik kalınlığına şişme değeri %41 ile %50 Na-CMC içeren K levha grubunda görülürken Biçer 2014 te aynı levha grubunda bu değer %55,90 olduğu görülmüştür.

24 saatlik kalınlığına şişme sonuçlarında ise 2 saatlik sonuçlara benzer şekilde %5 Na-CMC içeren B grubu, kontrol grubu olan A grubuna %25 Na-CMC içeren F grubu da dahil olarak bu üç grup en düşük değerleri alarak aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. Biçer 2014 te görülen en düşük 24 saatlik kalınlığına şişme değeri %31,11 ile kontrol grubunda görülürken çalışmamızda en düşük değer %33,92 ile %5 Na-CMC içeren B grubu levhalarda görülmüştür. Çalışmamızda en yüksek 24 saatlik kalınlığına şişme değeri %49,33 ile %50 Na-CMC içeren K grubu levhalarda görülürken, Biçer (2014)'ün tespit ettiği en yüksek değer %65,77 ile %45 Na-CMC içeren J grubu levhalarda görülmüştür.

72 saatlik kalınlığına şişme sonuçları incelendiğinde sırasıyla %5, 0, 15 ve 25 Na-CMC içeren B, A, D ve F grupları aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. En düşük 72 saatlik kalınlığına şişme değeri %36,26 ile B grubunda görülürken en yüksek değer %53,25 ile %50 Na-CMC içeren K grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızdaki 72 saat sonunda elde edilen en yüksek değer olan %53,25 değerine yakın değerleri Biçer (2014), 24 saat sonunda

%35 Na-CMC içeren H grubunda ve 2 saat sonunda %45 Na-CMC içeren J grubunda elde ettiği görülmüştür.

Bir başka çalışmada sodyum silikatın yapışma özellikleri üzerine CMC'nin etkisi incelenmiş, üretilen kontrplakların ilk önce artan CMC oranıyla arttığı görülen suya karşı dirençlerinin daha sonra azaldığı görülmüştür. %7,5 CMC ilavesinde 24 saatlik su absorpsiyonu en düşük değeri almıştır (Zhang vd.,2012).

Diğer bir çalışmada ise CMC ile bakır ve bakır sülfat karışımlarından elde edilen bağlayıcı ile üretilen kompozitlerin çeşitli özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda bu bağlayıcı ile üretilen kompozitlerin 2 ve 24 saatlik su alma ve kalınlığına şişme değerleri UF tutkalı ile üretilen kompozitlerle karşılaştırılmış ve CMC-Bakır karışımı ile oluşturulan bağlayıcının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durum Cu(II) iyonları ve şeker kamışı küspesi lifleri arasında güçlü bağların oluşmuş olması ile açıklanmaktadır (Basta et al. 2004).

3.2 Levhaların Mekanik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Levha gruplarının mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yüzeye dik çekme, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri yapılmıştır.

3.2.1 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Farklı Na-CMC oranları içeren levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci belirlenmiştir. Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme dirençlerine ilişkin veriler Tablo 27' de verilmiştir.

Tablo 27: Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri.

	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)			
	n	\bar{x}	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı
Levha grupları				
A Levhası	6	0,57	0,06	9,99
B Levhası	9	0,46	0,04	12,1

Tablo 27: (devam ediyor).

C Levhası	9	0,49	0,04	11,7
D Levhası	13	0,43	0,05	9,5
E Levhası	13	0,41	0,04	10,6
F Levhası	12	0,39	0,02	18,3
G Levhası	14	0,40	0,03	12,2
H Levhası	13	0,43	0,04	11,6
I Levhası	12	0,36	0,03	10,8
J Levhası	13	0,33	0,02	20,9
K Levhası	7	0,31	0,03	10,8

Tablo 27 incelendiğinde en yüksek yüzeye dik çekme direnci % 0 Na-CMC içeren A grubunda $0,57 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülürken, en düşük değer $0,31 \text{ N/mm}^2$ ile %50 Na-CMC içeren K grubunda görülmüştür. Tablo 27’de görüldüğü gibi levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme dirençleri farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için ANOVA testi yapılmıştır (Tablo 28).

Tablo 28: Levhaların yüzeye dik çekme direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

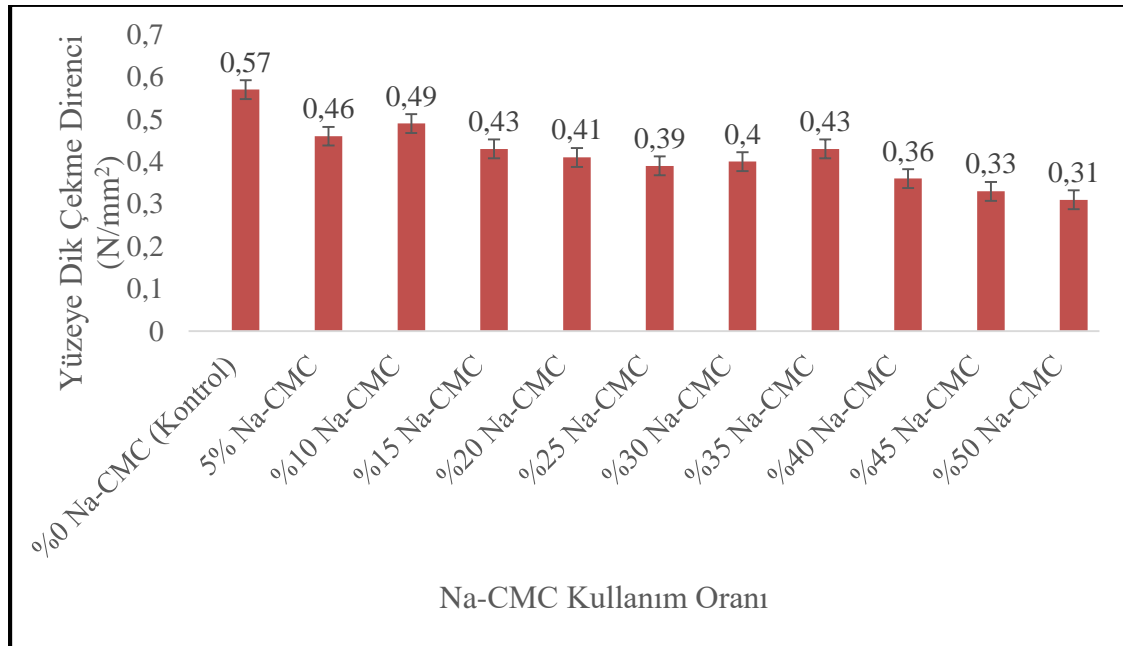
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	,458	10	,046	33,044	,000
Grup İçinde	,152	110	,001		
Toplam	,610	120			

Levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri arasında anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($F=33,044$, $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 29’ da verilmiştir.

Tablo 29: Levhaların yüzeye dik çekme direncine ilişkin Duncan testi sonuçları.

n	Levha	Grupları	Homojenlik Grupları										
			1	2	3	4	5	6	7	8			
	K Levhası	6	,3083										
	J Levhası	9	,3322	,3322									
	I Levhası	9		,3600	,360								
	F Levhası	13			,386	,3869							
	G Levhası	13				,3962							
	E Levhası	12					,4075	,4075					
	H Levhası	14						,4329	,4329				
	D Levhası	13						,4354	,4354				
	B Levhası	12							,4617	,4617			
	C Levhası	13								,4923			
	A Levhası	7											,5729
	Önem Düzeyi		,150	,095	,105	,243	,113	,101	,066	1,000			
	$\alpha = ,05$ ve $p >$												

Tablo 29 incelendiğinde kontrol grubu olan A grubu levhalardan sonra en yüksek değeri alan B ve C gruplarının aynı homojenlik grubunda yer aldığı görülmektedir



Şekil 54: Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri.

Şekil 54’de görülen yüzeye dik çekme direnci değerleri incelendiğinde genel olarak artan Na-CMC kullanımı ile yüzeye dik çekme direnci değerlerinin azaldığı söylenebilir. Bu durumdan farklı olarak %35 Na-CMC içeren F grubu kendinden önceki gruptan daha yüksek bir değer alırken, %5 Na-CMC içeren B grubu da kendinden sonraki gruptan daha düşük bir değer almıştır.

3.2.2 Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Farklı Na-CMC oranları içeren levha gruplarının eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü dirençleri belirlenmiştir. Levha gruplarının ortalama eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin veriler Tablo 30’ da verilmiştir.

Tablo 30: Levha gruplarının ortalama eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri.

Levha grupları	Eğilme Direnci (N/mm ²)				Elastikiyet Modülü (N/mm ²)			
	n	\bar{x}	Sd	V _k	n	\bar{x}	Sd	V _k
A Levhası	5	15,60	1,11	14,0	5	2438,23	114,57	21,28
B Levhası	4	13,20	0,93	14,2	4	2172,9	234,41	9,30
C Levhası	6	14,90	1,06	14,1	6	2600,1	134,95	19,3
D Levhası	6	13,67	1,06	12,9	6	2406,4	158,07	15,2
E Levhası	6	12,40	0,75	16,4	5	2421,2	412,97	5,90
F Levhası	6	13,10	0,80	16,3	6	2254,7	111,65	20,20
G Levhası	6	13,20	1,13	11,7	5	2088,6	147,51	14,20
H Levhası	6	13,10	0,84	15,7	6	2205,95	150,69	14,64

Tablo 30: (devam ediyor).

I Levhas	4	11,8	1,02	11,5	5	1989,65	84,51	23,54
J Levhas	5	12,0	1,33	9,1	6	2013,87	155,15	12,98
K Levhas	5	11,49	0,47	24,2	6	1840,92	112,26	16,40

n: Örnek sayısı, x: Ortalama değer, Sd: Standart sapma, V_k : Varyasyon katsayısı.

Tablo 30 incelendiğinde en yüksek eğilme direnci değeri $15,60 \text{ N/mm}^2$ ile kontrol grubu olan A levhasında görülürken, $14,90 \text{ N/mm}^2$ ile %10 Na-CMC içeren C grubu ikinci sırada yer almaktadır. Elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde ise %10 Na-CMC içeren C levha grubu 2600 N/mm^2 en yüksek değeri alırken, A levha grubu 2438 N/mm^2 ile onu takip etmiştir. Levha gruplarının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını anlamak için ANOVA testi yapılmıştır.

3.2.2.1 Eğilme Direnci

Levha gruplarının ortalama eğilme direnci değerlerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31: Levhaların eğilme direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	79,911	10	7,991	8,369	,000
Grup İçinde	45,830	48	,955		
Toplam	125,741	58			

Levhaların eğilme direnç değerleri arasında anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($F=8,369$ $p=,000$, $p<,05$). Levhalar arasında ANOVA testi sonucunda bulunan anlamlı

farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 32’ de verilmiştir.

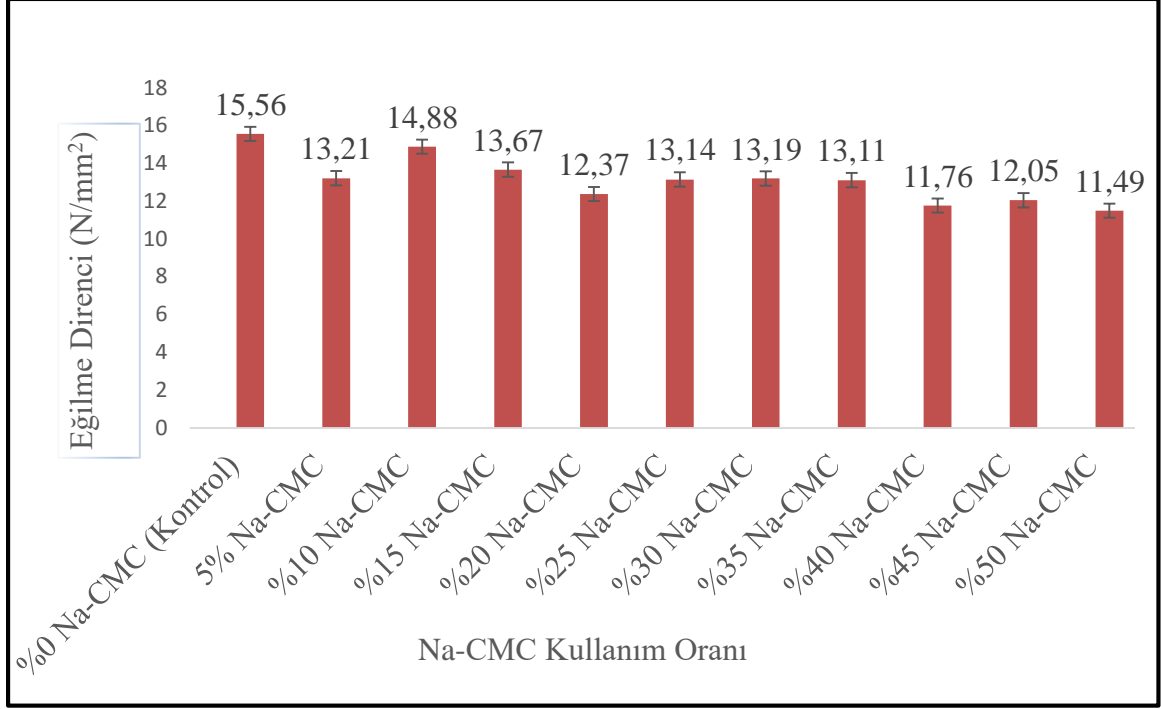
Tablo 32: Levhaların eğilme direncine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları			
		1	2	3	4
K Levhası	5	11,49			
I Levhası	4	11,75			
J Levhası	5	12,04	12,04		
E Levhası	6	12,36	12,36	12,36	
H Levhası	6		13,10	13,10	
F Levhası	6		13,13	13,13	
G Levhası	6		13,19	13,19	
B Levhası	4		13,20	13,20	
D Levhası	6			13,66	
C Levhası	6				14,88
A Levhası	5				15,56
Önem Düzeyi (p)	5	,194	,097	,064	,268

$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$

Tablo 32 incelendiğinde en yüksek eğilme direnci değerleri A ve C gruplarında görülürken bu iki grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur. Kontrol grubu olan A grubunda eğilme direnci 15,56 N/mm² ile en yüksek değeri alırken, %50 Na-CMC içeren K levha grubunda 11,49 N/mm² ile en düşük değeri almıştır.

Şekil 55 incelendiğinde Na-CMC kullanımının eğilme direnci değerlerini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. %10 Na-CMC içeren C grubu 14,88 N/mm² ile kontrol grubuna en yakın değeri almıştır.



Şekil 55: Yonga levhaların ortalama eğilme direnci değerleri.

3.2.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Farklı levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü direnci verileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan ANOVA testi sonuçları Tablo 33' de verilmiştir.

Tablo 33: Levhaların eğilmede elastikiyet modülü direncine ilişkin ANOVA testi sonuçları.

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi (p)
Gruplar Arası	3001503,585	10	300150,358	9,248	,000
Grup İçinde	1590352,124	49	32456,166		
Toplam	4591855,709	59			

Levhaların elastikiyet modülü direnç değerleri arasında anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre levhalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür. (F=9,248 p=,000, p<,05). Levhalar arasında ANOVA testi

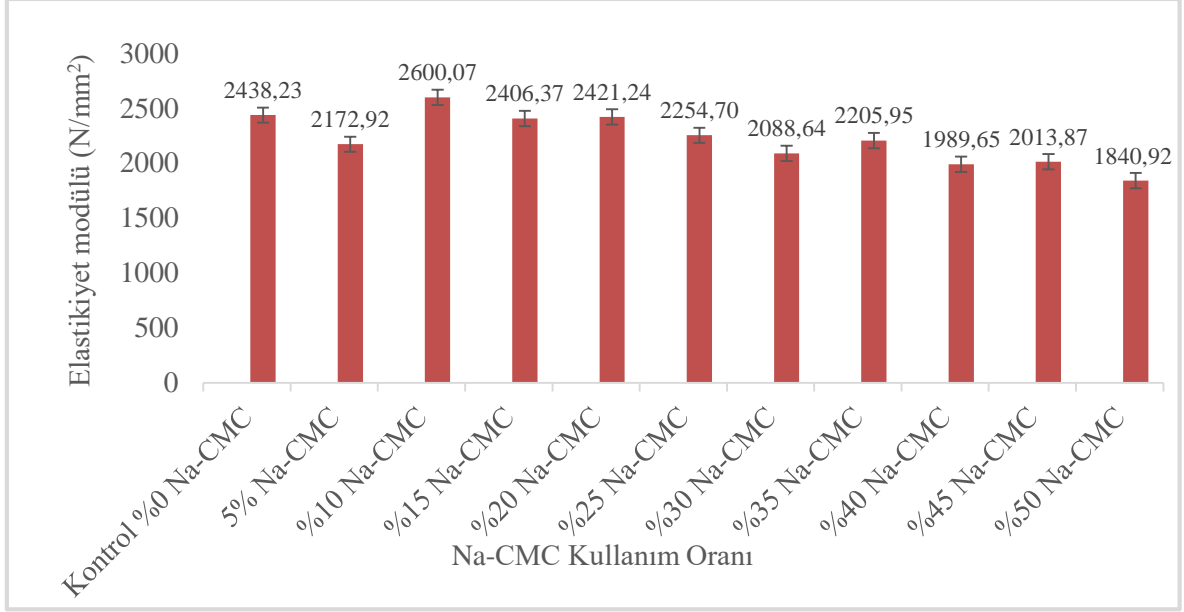
sonucunda bulunan anlamlı farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan Duncan Post-Hoc testi sonuçlarına göre oluşturulan homojenlik grupları Tablo 34' te verilmiştir.

Tablo 34: Levhaların elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	n	Homojenlik Grupları					
		1	2	3	4	5	6
K Levhası	6	1840,9					
I Levhası	5	1989,6	1989,6				
J Levhası	6	2013,9	2013,9	2013,9			
G Levhası	5		2088,6	2088,6			
B Levhası	4		2172,9	2172,9	2172,9		
H Levhası	6		2205,9	2205,9	2205,9	2205,9	
F Levhası	6			2254,7	2254,7	2254,7	
D Levhası	6				2406,4	2406,4	2406,4
E Levhası	5					2421,2	2421,2
A Levhası	5					2438,2	2438,2
C Levhası	6						2600,1
Önem Düzeyi (p)		0,144	0,084	0,054	0,057	0,064	0,011

$\alpha = ,05$ ve $p > ,05$

Tablo 34 incelendiğinde en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerlerini aynı homojenlik grubunda yer alan A, D, C ve E levha grupları almıştır. Bu grupta en yüksek değer 2600,10 N/mm² ile% 10 Na-CMC içeren C grubuna aittir.



Şekil 56: Yonga levhaların ortalama elastikiyet modülü değerleri.

Şekil 56’ da görüldüğü gibi eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin UF/Na-CMC modifikasyonu yüzdelere bağlı olarak değişiklik gösterdiği ancak bu değişimin artan Na-CMC oranına bağlı olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri %10 Na-CMC içeren C grubu levhalarda bulunmuştur. Bu sonuç Biçer (2014) ile benzerlik göstermektedir.

Mekanik özelliklerden yüzeye dik çekme direnci sonuçlarına bakıldığında en yüksek değeri 0,57 N/mm² ile kontrol grubu almıştır. Kontrol grubundan sonra en yüksek değerleri veren ve sırasıyla %5 ve 10 Na-CMC içeren A ve B grupları aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. En düşük değere sahip ve aynı homojenlik grubunda yer alan gruplar ise sırasıyla %45 ve 50 Na-CMC içeren J ve K grupları olmuştur. Bu sonuçlar Biçer (2014) ile karşılaştırıldığında farklılıklar olduğu görülmektedir. Çalışmamızda genel olarak artan Na-CMC oranı ile yüzeye dik çekme direnci değerleri azalırken, Biçer 2014 %5 ile 35 Na-CMC kullanım oranı arasındaki tüm değerlerde yüzeye dik çekme direnci değerlerinin kontrol grubu değerinden yüksek olduğunu tespit etmiştir. Diğer bir farklılıkta Na-CMC içermeyen kontrol grubu değerlerinde görülmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz 0,57 N/mm² kontrol grubu değerini Biçer (2014), 0,45 N/mm² olarak belirtmiştir. Bu farklılıkların sebebi kullanılan Na-CMC çeşidinin farklı olması, üretim şartlarındaki parametreler ve levha gruplarının yoğunluk değerlerindeki değişkenlik olabilir. İlaveten Na-CMC ve UF karışımının homojenliği de etken olarak düşünülebilir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde; eğilme direnci için sırasıyla %0 ve 10 Na-CMC içeren A ve C grupları en yüksek değerleri alırken, elastikiyet modülünde sırasıyla %0, 10, 15 ve 20 Na-CMC içeren A, C, D ve E levha grupları en yüksek değeri alarak aynı grupta yer almıştır. Eğilme direnci değerleri Biçer 2014 ile karşılaştırıldığında çalışmamızda en yüksek değerlere sahip gruplar A ve C grupları olurken, Biçer 2014 A, grubunu tek başına B ve C gruplarını aynı homojenlik grubunda olmak üzere bu üç grubun değerlerinin en yüksek değerler olduğunu belirtmiştir. Ayrıca farklı olarak çalışmamızın kontrol değeri 15,56 N/mm² olarak tespit edilirken, Biçer 2014 kontrol grubu değerini 18,27 N/mm² ile bizim çalışmamızdan daha yüksek bulmuştur. Ayrıca homojenlik grupları incelendiğinde çalışmamızın tüm gruplar için eğilme direnci değerleri birbirine yakın değerler verirken, Biçer 2014'te %25 Na-CMC kullanımından sonra eğilme direnci değerlerindeki azalmaların daha keskin olduğu görülmektedir.

Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında Biçer (2014)' e benzer şekilde en yüksek direnç değerleri A, B, C ve D gruplarında görülmüştür. Çalışmamızda %10 Na-CMC içeren C grubunun kontrol grubundan da yüksek değer aldığı görülmüştür. Farklı bir durum olarak %5 Na- CMC içeren B grubu değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca kontrol grubunun aldığı 2438 N/mm² değeri, Biçer 2014 ün çalışmasında 2920 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Ayrıca eğilme direnci değerlerinde olduğu gibi elastikiyet modülü değerlerinde de levha grupları arasında daha keskin azalışlar olduğu görülmektedir. Yüze dik çekme direncinde olduğu gibi eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerindeki farklılıkların sebebi olarak levha gruplarının ortalama yoğunluk değerlerindeki farklar, modifikasyonda kullanılan Na-CMC çeşidi ve diğer üretim parametrelerindeki değişimler gösterilebilir.

Sodyum silikatın yapışma özellikleri üzerine CMC'nin etkisinin incelendiği başka bir çalışmada üretilen kontrplakların yapışma dirençlerinin başlangıçta artan CMC oranıyla arttığı, ancak daha sonra azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Zhang vd., 2012).

Diğer bir çalışmada nişasta bağlayıcısına ilave edilen CMC'nin bağlayıcı özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Üretilen kontrplakların kuru ve yaş yapışma dirençlerinin CMC ilavesiyle belli bir orana kadar arttığı ancak daha sonra azalma eğilimi gösterdiği belirtilmiştir (Qiao vd., 2014).

CMC ile bakır ve bakır sülfat karışımlarından elde edilen bağlayıcı ile üretilen kompozitlerin çeşitli özelliklerinin incelendiği çalışmada ise eğilme ve iç yapışma dirençleri incelenmiştir. Sonuç olarak CMC- Bakır sülfat bağlayıcısı ile elde edilen kompozitlerin eğilme direnci ve iç yapışma dirençleri üre formaldehit tutkalı ile üretilen kompozitlerden yüksek çıktığı belirtilmiştir. Bu durum Cu(II) iyonları ve şeker kamışı küspesi lifleri arasında güçlü bağların oluşmuş olması ile açıklanmaktadır. Ticari tutkallarla üretilen kompozitlerle kıyaslandığında kenetlenen bu bağlar porozite ve boşlukların artmasına öncülük etmiş böylece nüfuz ve kapilariteden dolayı absorpsiyon artmıştır (Basta vd., 2004).

CMC' nin mekanik özellikler üzerine etkileri incelendiğinde esas bağlayıcıya belli oranlara kadar CMC ilavesi başlangıçta mekanik direnci arttırsa da belli bir orandan sonra esas bağlayıcının işlevini tam olarak yerine getirmesini engellediği düşünülmektedir. Bu durum CMC kullanım miktarını optimum düzeyde belirlemeyi gerekli kılmaktadır.

3.3 Levhaların Serbest Formaldehit Emisyonuna İlişkin Bulgular

Farklı oranlarda Na-CMC içeren üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş levha gruplarının bazı özellikleri ve serbest formaldehit emisyonuna ait bulgular Tablo 35'de görülmektedir.

Tablo 35: Levha gruplarının serbest formaldehit emisyon değerleri

Levha grupları	Na-CMC İçeriği (%)	Ort. Levha Rutubeti (%)	Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	Ort. Kalınlık (mm)	Serbest Formaldehit Emisyonu (mg/100g)
A	0	5,89	700	15,37	28,52
B	5	5,50	680	15,46	31,50
C	10	4,63	680	15,42	30,31
D	15	5,00	690	15,41	10,54
E	20	4,56	670	15,46	18,21
F	25	5,46	670	15,43	14,17
G	30	5,39	690	15,30	13,20
H	35	5,22	700	15,33	32,64
I	40	5,30	690	15,45	30,47
J	45	5,61	680	15,57	27,10
K	50	5,50	680	15,19	27,63

Tablo 35 incelendiğinde Na-CMC kullanım oranı ile serbest formaldehit emisyon miktarı arasında doğrusal bir ilişki olmadığı görülmektedir. En düşük formaldehit emisyonu 10,54 mg/100g ile %15 Na-CMC içeren D grubu levhalarda, en yüksek formaldehit emisyonu ise 32,64 mg/100g ile %35 Na-CMC içeren H grubu levhalarda tespit edilmiştir. Formaldehit emisyon değerleri arasında görülen farklılıklar birçok nedene bağlı olabilmektedir. Öncelikle çalışmamızda kullandığımız perforatör metodunda ölçümlerin hassas ve dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ölçüm sırasında dikkat edilemeyen bazı durumlar emisyon değerlerinin farklı çıkmasına neden olabilmektedir. Bunun dışında Na-CMC/UF karışımının homojenliği ve tutkal karışımının levha içerisinde eşit şekilde dağılıp dağılmaması gibi hususlar emisyon değerlerini etkileyebilmektedir. Uygulama ile ilgili bu durumların dışında Na-CMC ve UF arasındaki olası bağ oluşumları emisyon değerleri üzerinde etkili olabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada modifiye edilmiş nişasta kullanımının üre formaldehit (UF) tutkalının emisyonu üzerine etkisi incelenmiş ve modifiye nişastanın UF içine katılmasının formaldehit emisyonunu azalttığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak karboksil ile metilol üre arasındaki reaksiyon gösterilmiştir (Zhu vd., 2014). Aynı çalışmada modifiye nişastanın dimetilol üre veya formaldehit ile çok az reaksiyona girmesinin formaldehit emisyonunun yüksek çıkmasına sebep olabileceği ve modifiye nişasta (MS) kullanımı %20 yi geçtiğinde formaldehit emisyonunun arttığı belirtilmiştir. Bunun sebebinin fazla MS kullanımı sonucu, MS üre ile reaksiyona girmesi ve formaldehitin üre ile reaksiyonunu engellemesi şeklinde olabileceği belirtilmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında çalışmamızda Na-CMC kullanımı üre ile formaldehit arasındaki reaksiyonu engellemiş, bunun sonucunda üre ile reaksiyona girmeyen formaldehit, emisyon değerlerinin yüksek çıkmasına sebep olmuş olabilir.

3.4 Na-CMC ile Modifiye Edilmiş Üre Formaldehit (UF) Tutkalının Karakterizasyonuna İlişkin Bulgular

Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalının karakterizasyonu için pH, viskozite ölçümleri ve FTIR analizleri yapılmıştır. Levha gruplarının pH ve viskozite ölçümlerine ilişkin bulgular Tablo 36' da görülmektedir.

Tablo 36: Levha gruplarının pH ve viskozite ölçümlerine ilişkin bulgular.

Bağlayıcı Tipi	Na-CMC İçeriği (%)	UF İçeriği (%)	pH	Viskozite (cp)	Sıcaklık (C°)
A (UF)	0	100	8,26	11,5	19±2 C°
B	5	95	8,90	17,6	19±2 C°
C	10	90	9,12	18,5	19±2 C°
D	15	85	9,35	38,4	19±2 C°
E	20	80	9,49	51,2	19±2 C°
F	25	75	9,55	68,6	19±2 C°
G	30	70	9,59	107	19±2 C°
H	35	65	9,61	122	19±2 C°
I	40	60	9,72	147	19±2 C°
J	45	55	9,75	159	19±2 C°
K	50	50	9,74	167	19±2 C°
Na-CMC	100	0	10,32	472	19±2 C°

Tablo 36 incelendiğinde artan Na-CMC oranı ile birlikte pH ve viskozite değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Kullandığımız UF tutkalına göre akışkanlığı daha az olan Na-CMC ilavesi UF tutkalının da viskozitesini arttırmıştır. Na-CMC ve UF tutkalının iyi bir karışım yapabilmesi için, Na-CMC çözelti yüzdesi ve UF tutkalının katı madde içeriği göz önünde bulundurulmalı ve optimum homojenliği sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

CMC ilavesinin nişasta esaslı odun tutkalının özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada CMC'nin çözelti içerisine dengesiz dağılmasından dolayı viskozitenin kontrolsüz biçimde artabileceği bu durumun da kontrplak üretiminde sorunlara yol açabileceği bildirilmiştir. Ayrıca CMC ilavesiyle saf nişastanın başlangıç viskozitesi ve katı madde içeriğinde artış olduğu ve CMC'nin tutkal viskozitesini yükseltmek suretiyle bileşenler arasında etkileşimi arttırdığı ve sertleşme sıcaklığını azalttığı belirtilmiştir (Qiao vd., 2014).

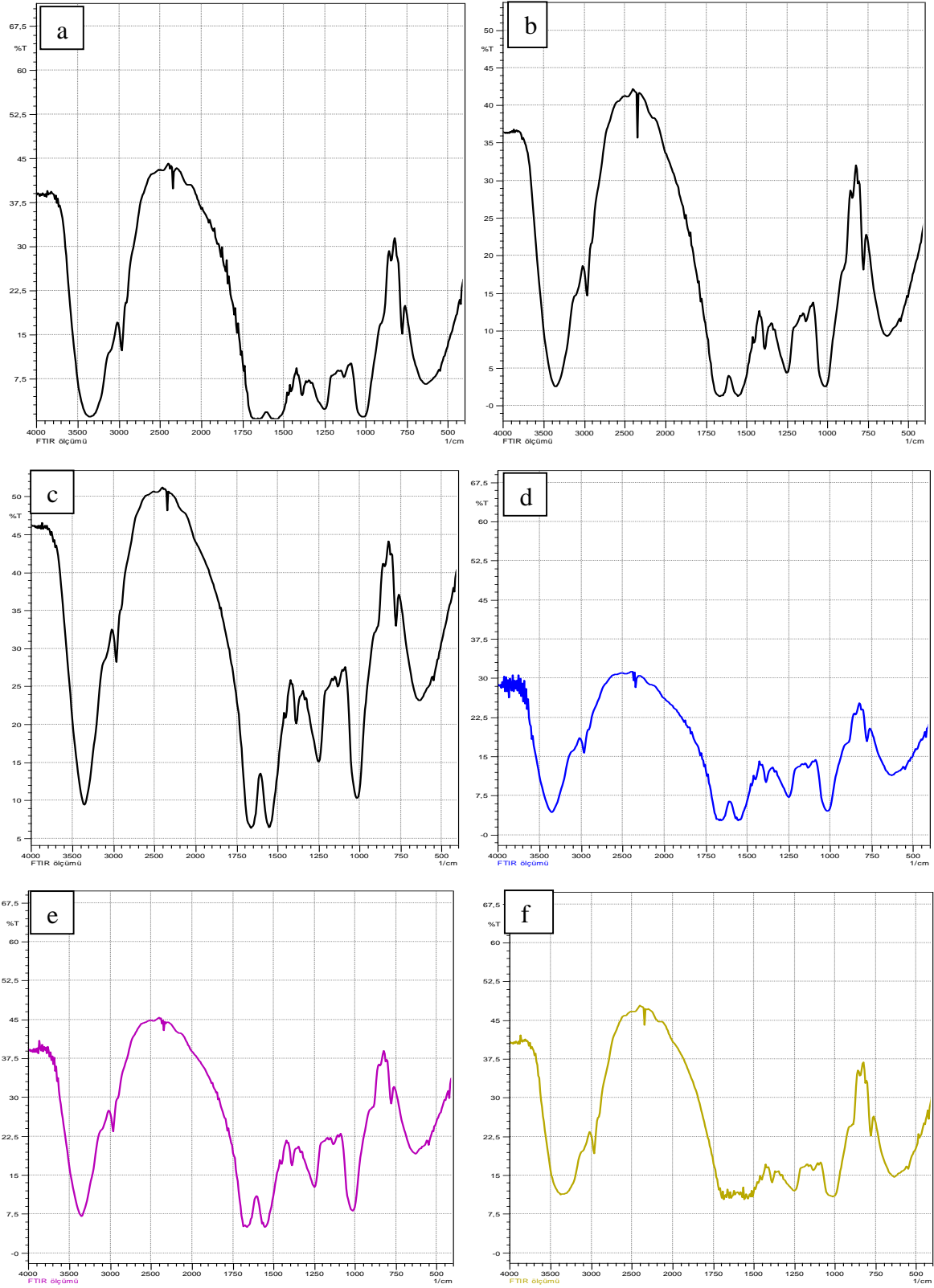
CMC'nin polykompleks jellerinin reolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada Na-CMC ve üre formaldehit oligomerlerinin farklı oranlardaki karışımları ile hazırlanan kompleks ve poly-kompleks jellerinin karakterizasyonu yapılmıştır. Na-CMC üre formaldehit oligomerleri (UFO) ile karıştırıldığında elektrostatik etkileşim sayesinde polykompleks jel

haline geldiği IR spektrumu ile ortaya konmuştur. Ayrıca Na-CMC nin sulu çözeltisi tiksotropik (karıştırıldığında sıvı hale geçen, bekletildiğinde tekrar yarı-katı ya da jel haline geri dönen) bir sistem olduğu ve UFO'nun Na-CMC çözeltisi içerisine katılmasının tiksotropik etkinin bozulmasına yol açtığı belirtilmiştir (Inogamov vd., 2008). Ayrıca çalışmada polikompleks jellerin sulu çözeltilerinin, Na-CMC ile kıyaslandığında, polimer-oligomer kompleksindeki zayıflayan moleküller arası etkileşimlerden dolayı oldukça düşük yapısal stabilite gösterdiği kanıtlanmıştır.

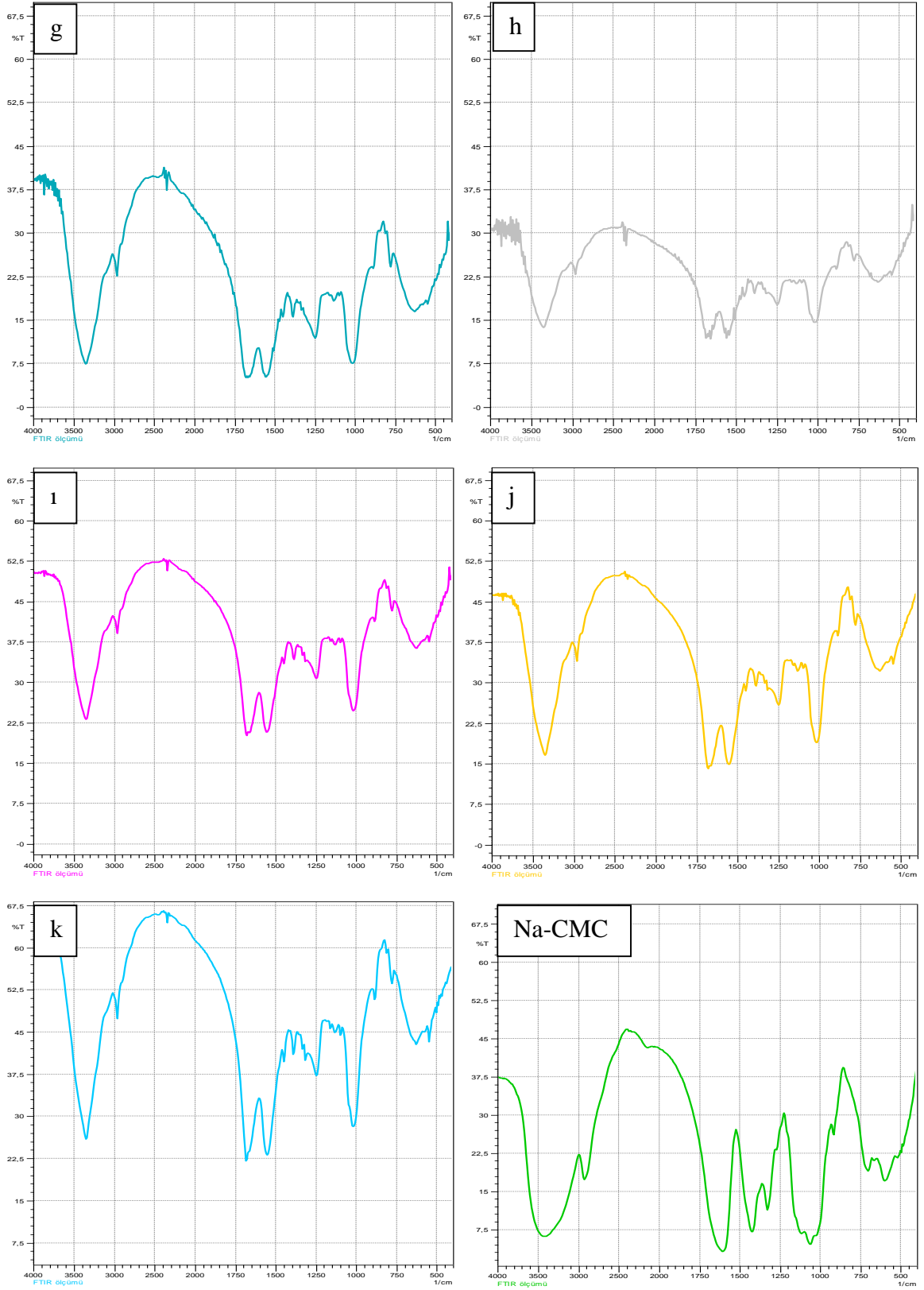
Modifiye edilmemiş UF, farklı oranlarda Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalı ve Na-CMC'ye ait FTIR grafikleri Şekil 57 ve Şekil 58' de görülmektedir.

Zhang vd. (2012) çalışmasında tek başına CMC ve CMC içeren ve içermeyen sodyum silikat piklerini incelemiştir. 2922 cm^{-1} de metilenin karakteristik pikleri, 1670 cm^{-1} de C=O' nun absorpsiyon pikleri ve 1316 cm^{-1} de C=O nun genişlemiş piklerinin %7,5 CMC içeren sodyum silikat içerisindeki CMC gruplarının varlığını gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmamızda da farklı oranlarda Na-CMC içeren UF tutkalına ait spektrumlarında benzer pikler görülmektedir.

Çalışmamızda serbest formaldehit miktarının kontrol grubundan daha az bulunduğu gruplarda, Na-CMC'nin formaldehit ve glikoz gibi yapılarla reaksiyona girdiği düşünülmektedir. Formaldehide ait pik şiddetinde azalma olması, Na-CMC'nin formaldehitle etkileşime girdiğini gösterirken, piklerin tamamen kaybolması ile oluşan yeni piklerin ester ve eter pik özelliği göstermesi ile formaldehitin hangi madde ile ne oranda etkileşime girdiği hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 57: Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalına ait FTIR grafikleri; a: %0 Na-CMC, b: %5 Na-CMC, c: %10 Na-CMC, d: %15 Na-CMC, e: %20 Na-CMC, f: %25 Na-CMC.



Şekil 58: Na-CMC ile modifiye edilen UF tutkalı ve Na-CMC'ye ait FTIR grafikleri; g: %30 Na-CMC, h: %35 Na-CMC, i: %40 Na-CMC, j: %45 Na-CMC, k: %50 Na-CMC.

CMC ile modifiye edilen UF parafin mikro kapsüllerin performanslarının incelendiği çalışmada modifiye edici olarak kullanılan CMC'nin hidroksil gruplarından dolayı

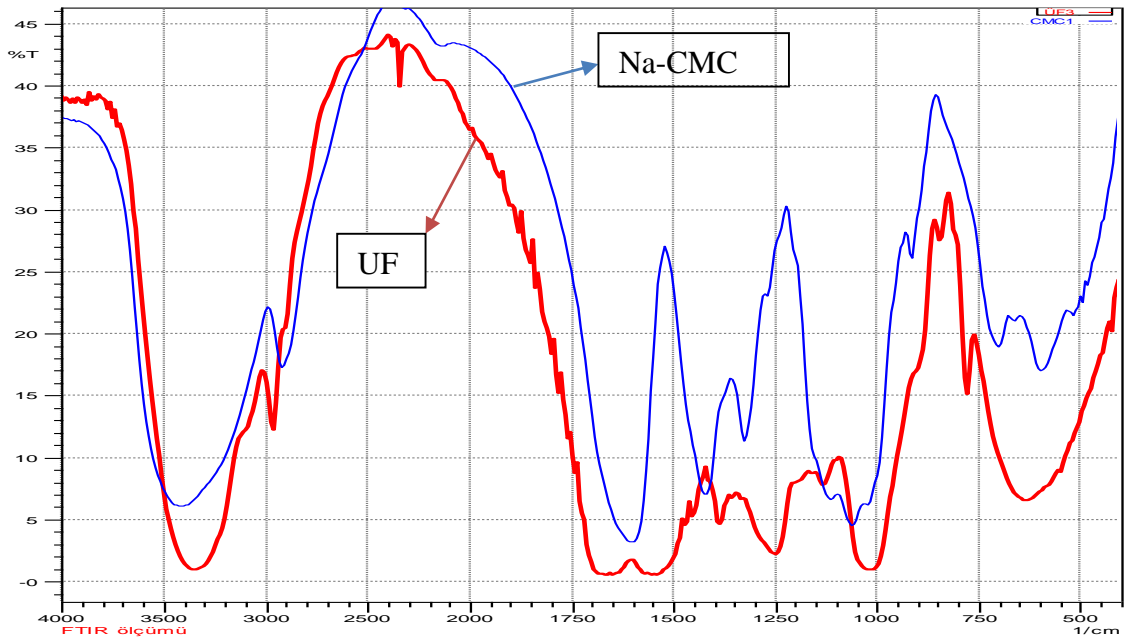
reaksiyonda yer aldığı belirtilmiştir. Karakterizasyon amacıyla yapılan FTIR işlemi sonucunda; 3.330' cm^{-1} bölgesinde N-H ve OH gruplarının gerilme titreşimlerinin geniş bantları gözlemlenmiştir. 2920 ve 2851 cm^{-1} deki asimetric ve simetric $-\text{CH}_2$ gerilme titreşim bantları CMC kullanım oranıyla arttığı, bu durumun muhtemel sebebinin de CMC nin polimerizasyona katılması ve daha fazla $-\text{CH}_2$ 'nin oluşması olduğu belirtilmiştir (Huang vd., 2015). Aynı çalışmada, 3330 cm^{-1} deki absorbansların ürün içerisinde çok sayıda $-\text{OH}$ grubunun var olduğunu ve bu grupların artan CMC miktarı ile artmasının sebebinin de CMC içindeki reaksiyona girmeyen OH grupları olduğu belirtilmiştir. FTIR spekturumdaki hassas değişikliklerin ise CMC nin poli-kondenizasyon reaksiyonuna katılmış olması ile açıklanmıştır. Çalışmamızda 3330 cm^{-1} deki absorbansların artan Na-CMC oranıyla azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum Na-CMC ile OH gruplarının reaksiyona girdiği ve fazla OH grubunun açığa çıkmamasına atfedilebilir.

Roumeli vd. (2012) çalışmasında UF reçinesinin spektrumları üzerinde birden fazla ve geniş piklerin polimer yapısının karmaşıklığından kaynaklandığını belirtmiştir. 3350-3450 cm^{-1} civarında sıvı UF reçinesinin spektrumunda, geniş pikler O-H ve N-H hidrojen bağlarına bu bandın oldukça geniş olmasını ise CH_2OH , NH_2 ve NH gibi reaktif fonksiyonel gruplar ile hidrojen bağları oluşturabilen O-H gruplarına sahip su ve formaldehit gibi monomerlere atfedilebileceğini bildirmiştir. Ayrıca serbest $-\text{NH}_2$ grubunun karakteristik pikinin 3440 cm^{-1} iken, bağlı $-\text{NH}$ grubun karakteristik pikinin 3340 cm^{-1} olduğu vurgulanmıştır. Saf UF tutkalının pikinin 3360 cm^{-1} alanında merkezlenmesi, bağlı $-\text{NH}$ grubu miktarının serbest $-\text{NH}_2$ grubu miktarından daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca aynı çalışmada UF tutkalının sertleşme öncesinde ve sonrasındaki (kısmen sertleşmiş) FTIR'larının farklı olduğu 3350 cm^{-1} bölgesindeki pik sertleşmiş tutkalda çok net (keskin) görünmesi çapraz bağlı hale gelen yapı olarak hidrojen bağları etkileşimlerinin boyutunda azalma olduğunun göstergesi olarak açıklamıştır. Çalışmamızda da 3350 cm^{-1} bölgesindeki piklerin artan Na-CMC ile daha keskin hale geldiği görülmektedir.

UF tutkalına farklı miktar ve metotlarla modifiye edilmiş nişasta (MS) katılan çalışmada 1080 ve 1020 cm^{-1} piklerinin glikozidik halkanın C-O-C titreşimleri, 1320 ve 1450 cm^{-1} alanındaki küçük pikler ise amid I ve II'nin C-N titreşimlerine atfedilmiştir. 1600-1650 cm^{-1} alanında saf UF-reçinesinin spektrumunda çoklu ve bazı çakışan (örtüşen) piklerin, amid I ve II nin C=O gerilmeleri olduğu kadar amid I in $-\text{N}-\text{H}$ makasından da kaynaklanabileceği belirtilmiştir. 1500-1600 cm^{-1} alanındaki çakışan pikler ise amid II nin $-\text{N}-\text{H}$ eğilme titreşimi

ile ilişkilendirilebilir. Saf UF ve MS modifiyeli UF'lerin 800 cm^{-1} deki karakteristik piki üründeki C-O-C gerilme titreşimleri olarak açıklanmıştır (Zhu vd., 2014).

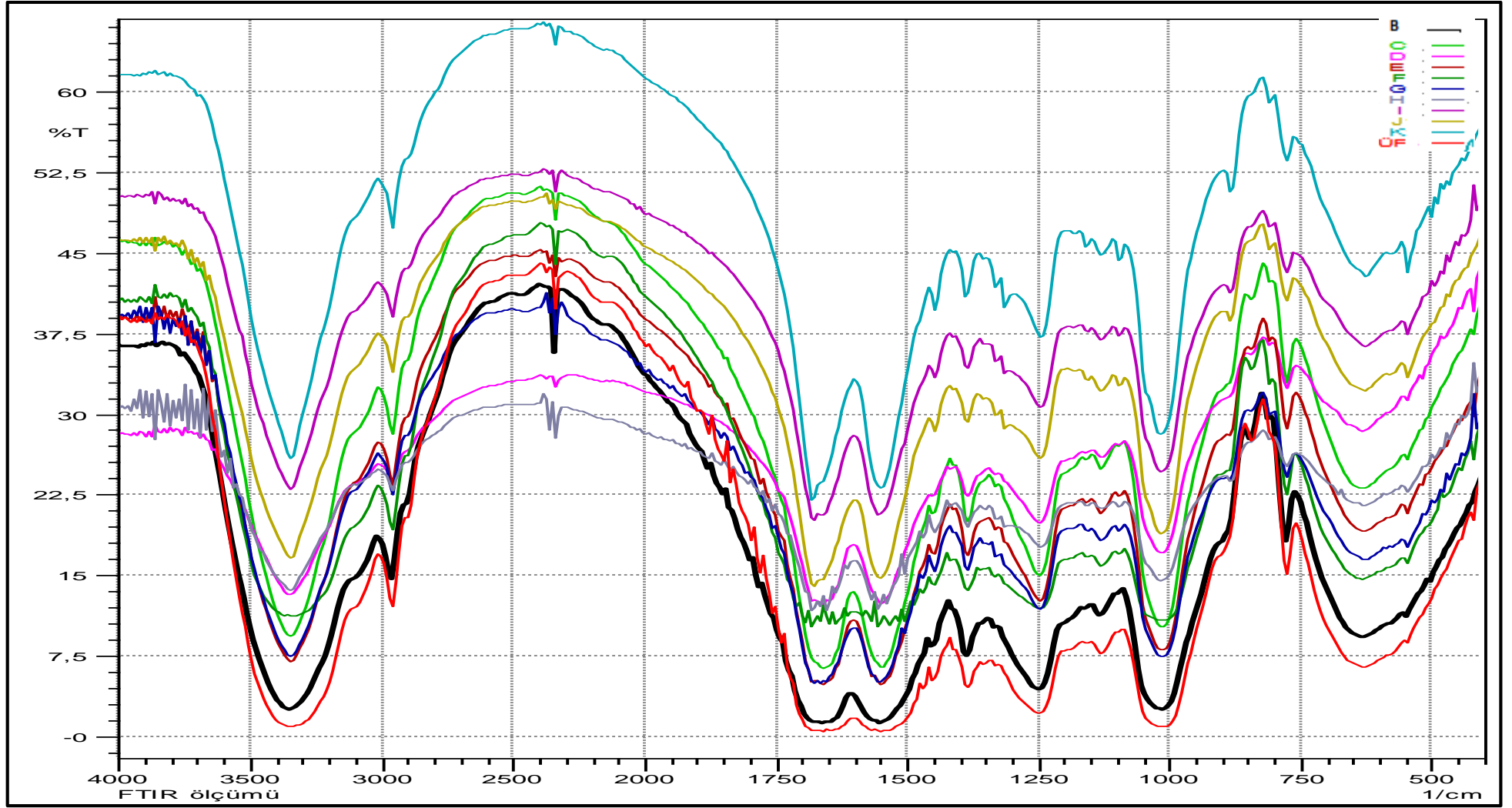
Kordkheili (2015) gloksallanmış lignin modifiyeli UF tutkalı ile yapığı çalışmada 1020 cm^{-1} bandının metilen (N-CH₂-N) bağlantısındaki C-N bağı, 1352 cm^{-1} bandının ise CH₂-N'deki C-N ile ilgili olduğu, ayrıca üre ve serbest formaldehit içeriğinin azalmasından dolayı C-N band yoğunluğunun azaldığı belirtilmiştir. Zhang vd., (2013) ise metilen eter bağları hidrolizinin panellerde sonradan ortaya çıkan formaldehit emisyonu için potansiyel bir kaynak olduğu açıklamıştır. Çalışmadaki FTIR sonuçları etilen-eter bağları ile ilgili olan 1020 cm^{-1} bandının gloksal ligninli üre formaldehit tutkalında (GLUF), UF tutkalına göre daha düşük olması, GLUF ile üretilen kontrplakların daha düşük formaldehit emisyonuna sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 59: Modifiye edilmemiş UF tutkalı ve Na-CMC'ye ait FTIR spektrumları.

Şekil 59'da modifiye edilmemiş UF ve Na-CMC'ye ait FTIR spektrumları görülmektedir. Inogamov vd., (2008) göre UFO'nun IR spektrumu, 1290 ve $1580-1600\text{ cm}^{-1}$ de NH⁺ ve NH₂ bantlarını, Na-CMC ise $1590-1620$ ve 1410 cm^{-1} de COO⁻ yu gösterdiği belirtilmiştir. Bu sebeple bu bileşiklerin polielektrolit olduğu ve Na-CMC ve UFO' nun sulu çözeltilerinin karışımının Na-CMC nin karboksil grupları ve UFO nun amino grupları arasındaki iyonik bağlar tarafından stabilize edilmiş polikompleks jel ürünler verdiği belirtilmiştir. Şekil 60'da

farklı oranlarda Na-CMC ile modifiye edilmiş UF tutkal grupları ve modifiye edilmemiş UF tutkalına ait FTIR spektrumları görülmektedir.



Şekil 60: Modifiye edilmemiş ve farklı oranlarda Na-CMC ile modifiye edilmiş UF 'ye ait FTIR spektrumları

BÖLÜM IV

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Sonuçlar

Diğer endüstrilerde olduğu gibi yonga levha endüstrisinde de düşük maliyetli yüksek kaliteli ve verimli ürün üretimi hedeflenmektedir. Günümüzde yonga levhaya alternatif olabilecek levha ürünleri olmasına rağmen hiçbiri tam olarak yonga levhanın yerini alamamıştır. Yonga levhanın gerek üretim maliyetleri gerekse de talep edilme bakımından orman ürünleri sanayinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Yonga levha sektöründe üretim maliyetlerini azaltmak ve rekabet gücünü arttırmak amacıyla bilimsel ve teknik çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmalarda yüksek kaliteli levha üretme, müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayabilme ve düşük maliyetle üretim yapma hedeflenmektedir.

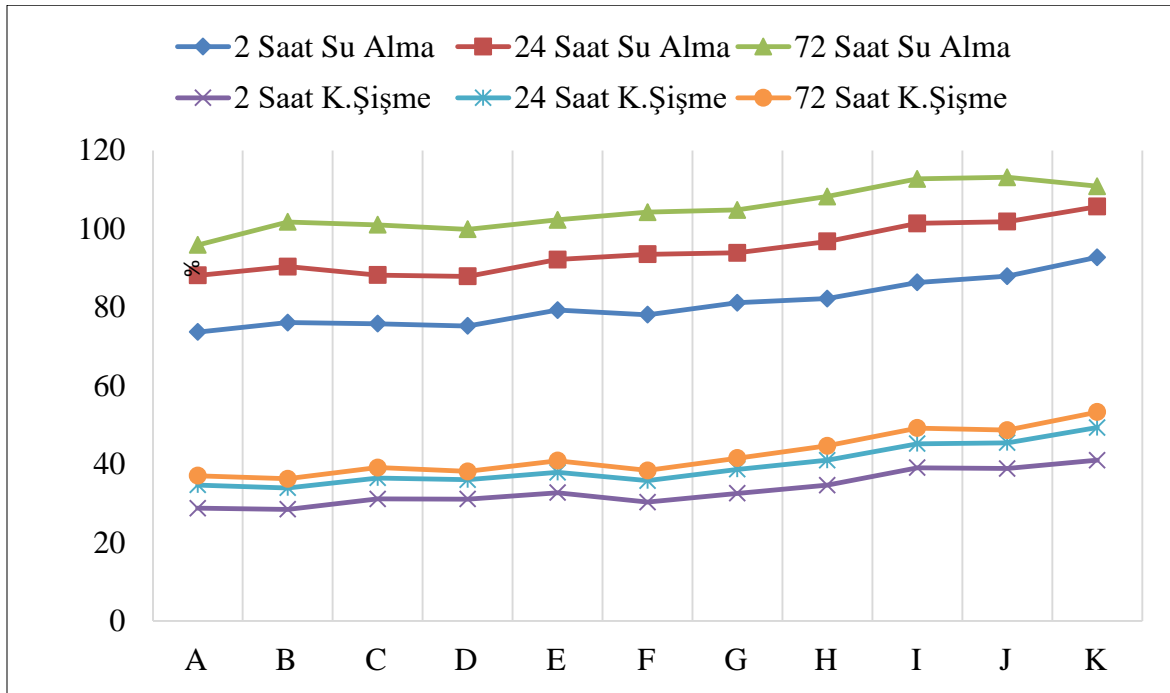
Son yıllarda tüm sektörlerde olduğu gibi levha sektöründe de farklı özellikte yeni ürünler piyasaya sürülmekte, alternatif hammadde kaynaklarını değerlendirme, tutkal ve kullanılan yardımcı kimyasal maddelerde modifikasyon gibi konularda çalışmalar yapılmaktadır. Bu sayede daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, abiyotik ve biyotik faktörlere karşı dayanıklı, suya karşı direnci arttırılmış ürünler elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Formaldehit esaslı tutkallarla üretilen levha ürünleri insan ve çevre sağlığı açısından bazı riskler taşımaktadır. Üretilen ürünlerin yeterli fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra sağlık açısından da istenilen özelliklerde olması gerekmektedir. Özellikle son yıllarda tüketicilerin bilinçlenmesi, üreticileri bu konuda daha hassas olmaya yönlendirmektedir. Levha üretimi açısından bakıldığında levhalardan salınan ve insan sağlığı açısından riskler ortaya çıkaran formaldehit emisyonu üzerinde durulması gereken ve her zaman güncelliğini koruyan bir konudur.

Bu çalışmada selüloz türevlerinden Na-CMC'nin UF tutkalı ile modifiye edilerek yonga levha üretiminde bağlayıcı olarak kullanılabilirliği ve bu modifikasyonun bazı levha özellikleri üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan % 7' lik Na-CMC çözeltisi UF içerisine, UF/Na-CMC 100/0, 95/5, 90/10, 85/15, 80/20, 75/25, 70/30,

65/35, 60/40, 55/45, 50/50 oranlarında katılarak deney levhaları üretiminde kullanılan modifiyeli UF tutkalı elde edilmiştir. Bu tuktaldan tam kuru yonga ağırlığına oranla yüzey tabakalarında %10, orta tabakada %8 oranında kullanılmıştır.

Levha üretiminde, özgül ağırlık üretimde kullanılan yonga hammaddesi ve diğer kimyasalların kullanım miktarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu durumdan dolayı UF tutkalına belli oranlarda ilave edilen Na-CMC'nin levhaların özgül ağırlıkları üzerine etkisi bulunmamaktadır.



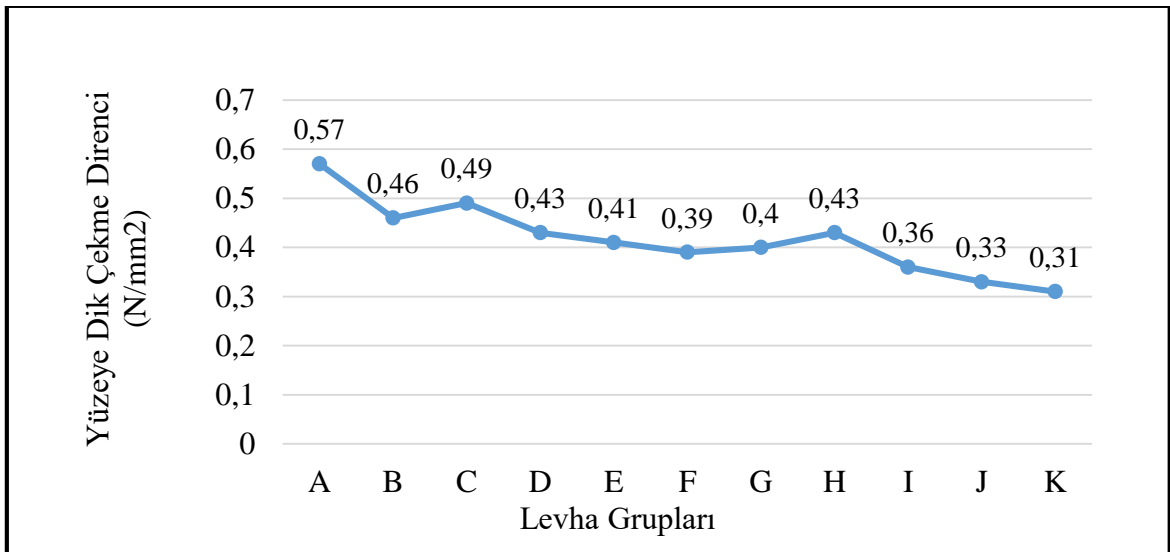
Şekil 61: Levha gruplarının 2, 24 ve 72 saatlik ortalama su alma ve kalınlığına şişme değerleri.

Levha gruplarına ait su alma ve kalınlığına şişme miktarları incelendiğinde genel olarak levha üretiminde Na-CMC kullanımının su alma ve kalınlığına şişme oranlarını arttırdığı belirlenmiştir. İstatistik değerlendirmede 2,24 ve 72 saatlik su alma oranlarında Na-CMC içermeyen kontrol grubu ve %5, 10 ve 15 Na-CMC içeren sırasıyla B, C ve D gruplarının aynı homojenlik grubunda ya da birbirini takip eden iki grupta ve en düşük değerleri aldığı görülmüştür. Kalınlığına şişme oranlarına bakıldığında ise % 0, 5, 15 ve 25 Na-CMC içeren sırasıyla A, B, D ve F grupları en düşük değerleri alarak aynı ya da birbirini takip eden iki grupta yer almışlardır. Levha gruplarının 2, 24 ve 72 saatlik ortalama su alma ve kalınlığına

şişme değerleri Şekil 61 'te görülmektedir.

Levha gruplarının 2,24 ve 72 saatlik su alma ve kalınlığına şişme değerlerine bakıldığında kalınlığına şişme değerlerinin arasındaki farkın su alma değerlerinden daha az olduğu görülmektedir. Hem su alma hem de kalınlığına şişme değerlerinin % 30 Na-CMC içeren G grubundan itibaren yükselme gösterdiği görülmektedir.

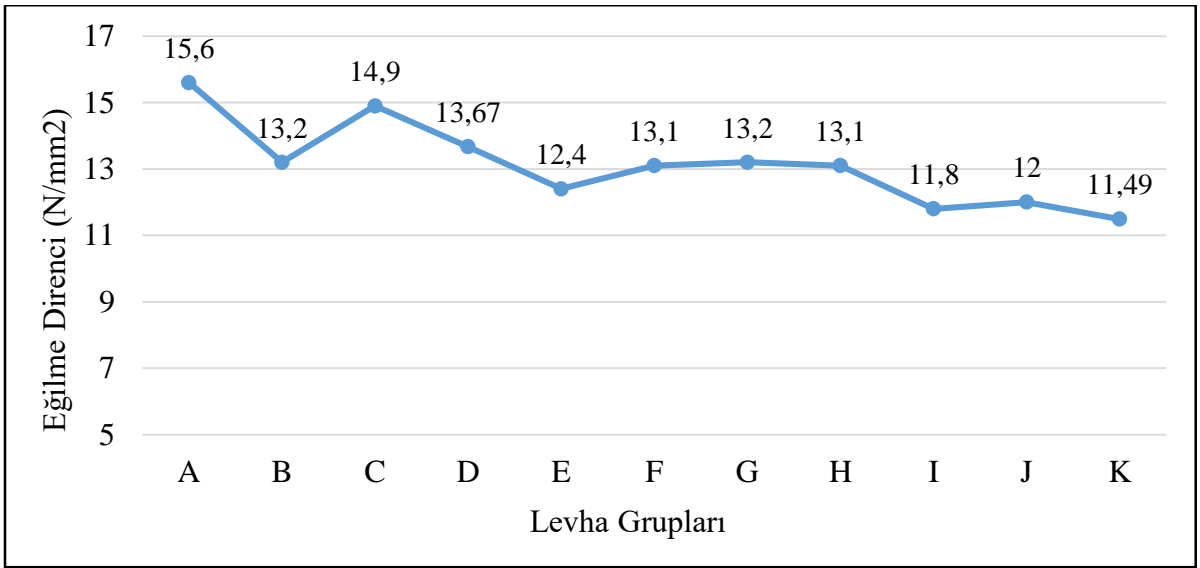
Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri Şekil 62'te görülmektedir. En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri Na-CMC içermeyen kontrol grubunda 0,57 N/mm² olarak belirlenirken, kontrol grubundan sonra en yüksek değeri 0,49 N/mm² ile %10 Na-CMC içeren C grubu levhalar almıştır. Diğer levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine bakıldığında %35 Na-CMC içeren H grubu dışında artan Na-CMC oranı ile azaldığı görülmektedir.



Şekil 62: Levha gruplarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri.

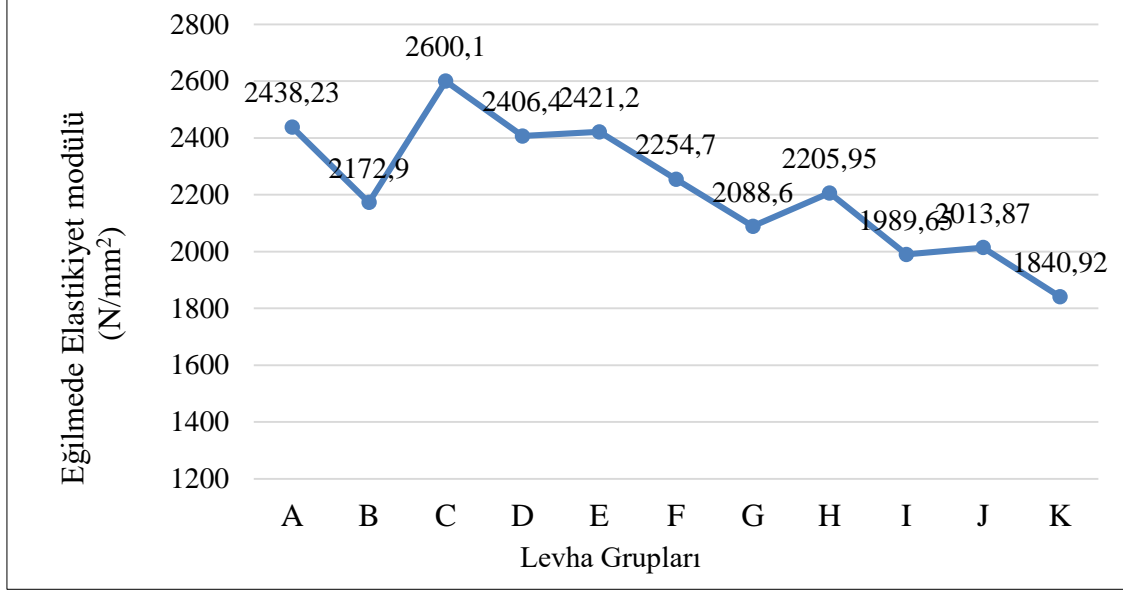
Yüzeye dik çekme direnci değerleri incelendiğinde TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için özellikler (Tip P1) kriterinde belirtilen 0,24 N/mm² değerini karşıladığı görülmektedir. Kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dâhil) kullanılan levhalar için özellikler (Tip P2) için belirtilen 0,35 N/mm² değerini ise sırasıyla %45 ve 50 Na-CMC içeren J ve K grupları dışında tüm levha grupları karşılamaktadır.

Levha gruplarının ortalama eğilme direnci değerleri Şekil 63'te görülmektedir. Na-CMC içermeyen kontrol levhası en yüksek eğilme direnci değerini alırken, %10 Na-CMC içeren C levhası kontrol grubundan sonra en yüksek değeri almıştır. A ve C grubu dışında %35 Na-CMC içeren H grubuna kadar ki grupların birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için özellikler (Tip P1) kriterinde belirtilen 11,5 N/mm² değerini karşıladığı görülmektedir. Kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dâhil) kullanılan levhalar için özellikler (Tip P2) için belirtilen 13 N/mm² değerini ise sırasıyla %20, 40, 45 ve 50 Na-CMC içeren E, I, J, K grupları dışındaki tüm levha grupları karşılamaktadır.



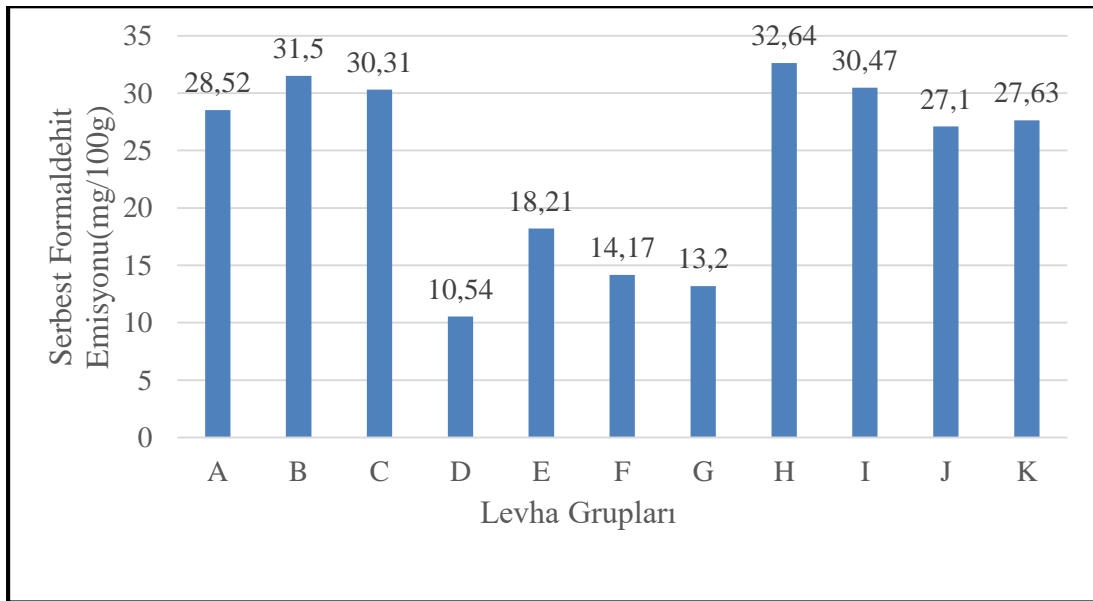
Şekil 63: Levha gruplarının ortalama eğilme direnci değerleri.

Levha gruplarının ortalama elastikiyet modülü değerleri Şekil 64'de görülmektedir. Na-CMC içermeyen A grubu kontrol levhası ve sırasıyla %10, 15, 20 Na-CMC içeren C, D ve E levha grupları en yüksek eğilme direnci değerlerini alarak aynı homojenlik grubunda yer almışlardır. Özellikle %10 Na-CMC içeren C levha grubunun kontrol grubundan yüksek çıkması dikkat çekici bir sonuçtur. TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dâhil) kullanılan levhalar için özellikler (Tip P2) için belirtilen 1600 N/mm² değerini ve nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar için özellikler (Tip P3) kriterinde belirtilen 1950 N/mm² değerini karşıladığı görülmektedir.



Şekil 64: Levha gruplarının ortalama elastikiyet modülü değerleri.

Şekil 65’ de görüldüğü gibi levha gruplarının formaldehit emisyonu değerleri incelendiğinde sırasıyla %15, 20, 25 ve 30 oranında Na-CMC içeren D, E, F ve G grupları dışında diğer tüm grupların kontrol grubuna yakın ya da daha fazla değerler verdiği görülmektedir. Ortaya çıkan bu sonucun muhtemel sebebi emisyon değeri kontrol grubundan yüksek ya da ona yakın çıkan gruplarda üre ile formaldehitin reaksiyonunun engellenmiş olmasıdır. Bundan dolayı söz konusu gruplarda emisyon değerleri Na-CMC içermeyen kontrol grubundan yüksek bulunmuştur.



Şekil 65: Levha gruplarının serbest formaldehit emisyonu değerleri.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar incelendiğinde su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin artan Na-CMC oranıyla arttığı görülmektedir. Su alma değerleri için sırasıyla %10 ve 15 Na-CMC içeren C ve D grupları kontrole yakın değerleri ile dikkat çekmektedir. Benzer bir durum kalınlığına şişme değerleri için sırasıyla % 5 ve 25 Na-CMC içeren B ve F grupları için geçerlidir.

Mekanik özellikler incelendiğinde genel olarak artan Na-CMC oranıyla mekanik dirençlerde azalma meydana geldiği görülmüştür. Yüzeye dik çekme, eğilme ve elastikiyet modülü direnci değerlerinde %10 Na-CMC içeren C grubu öne çıkmaktadır. Bu grubun elastikiyet modülü direnci değeri kontrol grubundan yüksek bulunmuştur.

Formaldehit emisyonu değerlerinde ise en düşük değer %15 Na-CMC içeren D grubunda tespit edilmiştir.

4.2 Öneriler

Çalışmadan elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda aşağıdaki öneriler yapılabilir.

- Levhaların su alma ve kalınlığına şişme oranlarının Na-CMC kullanım oranıyla arttığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden özellikle fiziksel özelliklerin öne çıktığı durumlarda Na-CMC oranı daha düşük tutulabilir. Ayrıca üretimde daha etkili su itici maddeler kullanılabilir. Su alma açısından kontrolle kıyaslandığında %15-20 Na-CMC kullanımını ideal oranlar olarak gözükmektedir.
- Mekanik özelliklerin artan Na-CMC oranıyla azaldığı görülmektedir. Özellikle %35 Na-CMC kullanımından sonra bu azalma daha hızlı bir şekilde olmuştur. Yüzeye dik çekme, eğilme ve elastikiyet modülü direnç değerleri açısından tüm levha grupları Tip I ve Tip II kriterlerini karşılamaktadır. Hatta bazı grupların daha yüksek direnç gerektiren kullanım sınıflarını karşıladığı görülmüştür. Ancak kullanım yerinde karar verirken diğer fiziksel direnç özellikleri de göz önünde bulundurularak karar verilmelidir.

- Serbest formaldehit emisyonu ile Na-CMC kullanım oranı arasındaki ilişki değişkenlik göstermektedir. Bu ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için alternatif formaldehit emisyon ölçüm yöntemlerini içeren çalışmalar yapılabilir.
- Na-CMC-UF modifikasyonunu daha iyi karakterize edebilmek için FTIR analizi dışında Thermal Gravimetric Analysis (TGA), Differential Thermal Analysis (DTA), Differential Scanning Calorimeter (DSC) ve X-ray diffractometry (XRD) gibi farklı analizler de yapılabilir.
- Na-CMC nin bağ yapma yeteneğinde süstitüsyon derecesi önemli olduğundan modifikasyonda farklı Na-CMC çeşitleri kullanılabilir.
- Na-CMC ile hazır UF'yi modifiye etmek yerine UF'nin üretim aşamasında Na-CMC ilavesi yapılabilir. Böylece farklı fonksiyonel grupların ortaya çıkması ve reaksiyona girmesi söz konusu olabilir.
- Na-CMC/UF modifikasyonu ile elde edilen bağlayıcı, odun yongas dışındaki farklı hammaddelerle ve farklı ahşap esaslı ürünlerin üretiminde denenebilir.
- Na-CMC'nin UF tutkalı dışındaki farklı bağlayıcılarla birlikte kullanılabilirliği araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T. (2000). Dünya’da ve Türkiye’de MDF endüstrisinin genel durumu. *Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3: 44-47.
- Akgül, M. (2001). Kavak Odunundan Etanol - Su Yöntemiyle Çözünebilir Selüloz Elde Edebilme Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim Dalı, Trabzon, 237 s.
- Aksakal, N., Vaizoğlu, S. ve Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri. *Türk Tabipleri Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 14(12): 268-272.
- Akyıldız, M.H. (2003). Türkiye’de Yongalevha ve Liflevha Endüstrisinin Yapısı ve Sorunları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 146 s.
- Alvur, F. (2001). Yönlendirilmiş Yonga Levhaların Üretimi Özellikleri ve Kullanım Yerleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 134 s.
- Arslan, M.B. (2008). Orman ve Tarımsal Atıklardan Üretilen Kompozit Levhalarda Yüze Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 100 s.
- Ayrılmış, N. (2000). MDF’ nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 227 s.
- Baharoğlu, M. (2010). Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 155 s.
- Basta, A. H., El-Saied, H. ve Gobran, R. H. (2004). formaldehyde-free environmentally friendly composites based on agricultural waste. I. novel adhesive system. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 43(3): 745-777.
- Biçer, A. (2014) Sodyum Karboksimetilselüloz (Na-CMC) Modifiyeli Yonga Levha Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 169 s.
- Boran, S. ve Usta, M. (2010) Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler. 3. *Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, s. 1968-1975.
- Boran, S., Usta, M ve Gümüşkaya, E. (2011). Decreasing formaldehyde emission from medium density fiberboard panels produced by adding different amine

compounds to urea formaldehyde resin. *International Journal of Adhesion&Adhesive*, 31: 674-678.

- Boran, S., Usta, M., Ondaral, S. ve Gümüşkaya, E. (2012). The efficiency of tannin as a formaldehyde scavenger chemical in medium density fiberboard. *Composites Part B: Engineering*, 43(5): 2487-2491.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. (1985). *Yongalevha Endüstrisi*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları No: 331/372, İstanbul.
- Bozkurt, Y. (1992). *Odun Anatomisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1990). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 258 s.
- Dayanklıoğlu, S. (2004). Türkiye’de Lif Levha ve Yonga Levha Sektörünün Durumu, Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı, İstanbul, 142 s.
- Dayanklıoğlu, S. (2014). Türkiye’nin yonga levha ve lif levha (MDF) sektörünün değerlendirilmesi. *Uluslararası Orman, Ağaç Endüstrisi ve Ticareti Konferansı*, İstanbul, s. 11-15
- Deniz, İ. (2012). *Odun Kimyası Ders Kitabı*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 191 s.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000). *Lif Levha Üretim Teknolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 200, Fakülte Yayın No: 30, Trabzon, s. 351.
- FAOSTAT (2015). The Statistics Division of Food And Agriculture Organization, <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E> (4 Mart 2016).
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1984). *Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reaction*. Walter de Gruyter: Berlin.
- Frihart, C.R. (2005). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, pp. 215-259.
- Göker, Y. (2000). Değişik yöntemlerle üretilmiş yongalevhaların kullanım yerleri, *Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, (7): 128-133.
- Güler, C. (2001). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Kompozit Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 151 s.
- Günsel, U. (2004), Türkiye Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Bazı Yonga Levhaların Temel Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Muğla, 131 s.

- Han, J.S. (1998). Properties of nonwood fibers, In: *Proceedings of The Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting*, Korea, pp. 3–12.
- He, Z., Zhang, Y. ve Wei, W. (2012). Formaldehyde and VOC emissions at different manufacturing stages of wood-based panels. *Building and Environment*, 47: 197-204.
- Hematabadi, H., Behrooz, R., Shakibi., A. ve Arabi., M. (2012) The reduction of indoor air formaldehyde from wood based composites using urea treatment for building materials. *Construction and Building Materials*, 28: 743-746
- Hinck, J.F. and R.L. Casabier, and J.K. Hamilton (1985). Dissolving pulp manufacture, In: *Pulp and paper manufacture, Vol:4, Sulphite Science and Technology*, Joint Textbook Committee of Paper Industry, Atlanta, pp. 213-242.
- Huang, Z., Yu, X., Li, W. ve Liu, S. (2015). Preparation of urea-formaldehyde paraffin microcapsules modified by carboxymethyl cellulose as a potential phase change material, *Journal of Forest Research*, 26 (1): 253–260.
- Inogamov, S.Y., Mukhamedzhanova, M.Yu. ve Mukhamedov, G.I. (2008). Rheological properties of polycomplex gels of carboxymethyl cellulose with urea-formaldehyde oligomers, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 81 (2): 310-315.
- Inagamov, S. Y. ve Mukhamedov, G.I. (2011). Structure and physical–mechanical properties of interpolymeric complexes based on sodium carboxymethylcellulose. *Journal of Applied Polymer Science*, 122 (3): 1749-1757.
- İstek, A. (1999). Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- İstek, A. ve Sıradağ, H. (2013). The effect of density on particleboard properties. *ICFS, International Caucasion Forestry Symposium*. Artvin, pp: 932-938.
- Jang, Y., Huang, J. ve Li, K. (2011). A new formaldehyde-free wood adhesive from renewable materials. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31 (7): 754-759.
- Kalaycıoğlu, H. (1991). Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 135 s.
- Karakuş, B. (2007). Çeşitli Bitkisel Sera Atıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 96 s.

- Kırcı, H., Ateş, S. ve Akgül, M. (2001). Selüloz türevleri ve kullanım yerleri. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (2): 45-55.
- Kim, S. (2009). Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission. *Bioresource Technology*, 100 (2): 744-748.
- Kim., K.H, Jahan, S.A. ve Lee, J.T. (2011). Exposure to formaldehyde and its potential human health hazards. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 29: 277-299.
- Kordkheili, Y., H., Kazemi-Najafi, S., Eshkiki, R. B. ve Pizzi, A. (2015). Improving urea formaldehyde resin properties by glyoxalated soda bagasse lignin. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(1): 77-85.
- Kordsachia, O., Patt, R. ve Sixta, H. (1999). Cellulose isolation from different raw materials. *Papier*, 53(2): 96-108.
- OAİB (2015). *Levha Sanayii Sektör Raporu*. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği. Ankara
- Mao, A. ve Kim, M. G. (2013). Low mole ratio urea-melamine-formaldehyde resins entailing increased methylene-ether group contents and their formaldehyde emission potentials of wood composite boards. *BioResources*, 8 (3): 4659-4675.
- Ndazi, B., Tesha, J. V. ve Bisanda, E. T. N. (2006). Some opportunities and challenges of producing bio-composites from non-wood residues. *Journal of Materials Science*, 41 (21): 6984-6990.
- Özen, R. (1980). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Notları: 30, Trabzon.
- Öztürk, O. (2003). Fiber Levha Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Polimerlerle İyileştirilmesi için Alternatif Yöntemler. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 89 s.
- Park, B. D. ve Causin, V. (2013). Crystallinity and domain size of cured urea-formaldehyde resin adhesives with different formaldehyde/urea mole ratios. *European Polymer Journal*, 49 (2): 532-537.
- Qiao, Z., Gu, J., Yingfeng, Z., Tan, H. ve Zhang, Y. (2014). CMC in starch adhesive. *Bioresources*, 9 (4): 6117-6129.
- Ressel, J. (2008). Mat formation. *Presentation during the 3rd International Wood Academy*, University of Hamburg.
- Roffael, E. (2006). Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64 (2): 144-149.

- Roumeli, E., Papadopoulou, E., Pavlidou, E., Vourlias, G., Bikiaris, D., Paraskevopoulos, K. M. ve Chrissafis, K. (2012). Synthesis, characterization and thermal analysis of urea–formaldehyde/nanoSiO₂ resins. *Thermochimica Acta*, 527: 33-39.
- Rowell, R.M. ve Simonson, R. (2000). A new process for the continuous acetylation of lignocellulosic fiber. In: *Proceedings of the 5th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, The Australian National University, Department of Forestry, Canberra, Australia, pp. 190-196.
- Rynehvee, T. (2012). *The Use Of P-Mdi Resin In Mdf Manufacture: A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science in Wood Products Processing In The Faculty of Forestry, The University of British Columbia, Vancouver.*
- Schmidt, R.G. (1998). Aspect Of Wood Adhesion: Application Of 3C CP/MAS NMRA and Fracture Testing. Doctorate Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, pp.150.
- Smith, G. (2012). Lectures and Course Notes for WOOD 487, Vancouver: UBC Forestry - Department of Wood Science.
- Suchsland, O. ve Woodson, G. E. (1987). *Fiberboard manufacturing practices in the United States*. Agriculture handbook, United States. Dept. of Agriculture (USA).
- Thoemen, H., Irlle, M. ve Sernek, M. (2010). *Wood-Based Panels - An Introduction for Specialists*, Brunel University Press, London, UB8 3PH. England, pp. 34-35.
- TS EN 309, (1999). Ahşap yonga levhalar, Tarif ve sınıflandırma, TSE, Ankara.
- TS EN 310, (1999). Ahşap esaslı levhalar, Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 312-1, (2005). Yonga levhalar, Bölüm 1: Bütün levhalar için genel özellikler, TSE, Ankara.
- TS EN 312-2, (2005). Yonga levhalar, Bölüm 2: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yonga levhaların özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 312-3, (2005). Yonga levhalar, Bölüm 3: Kuru şartlarda kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) yonga levhaların özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 317, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar, Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 319, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar, Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 320, (2011). Yonga levhalar ve lif levhalar, Vida tutma mukavemetinin tayini, TSE, Ankara.

- TS EN 322, (1999). Ahşap levhalar, Rutubet miktarının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 323-1, (1999). Ahşap yonga levhalar, Özgül kütlenin tayin edilmesi, TSE, Ankara.
- TS-EN 323, (1999). Ahşap esaslı levhalar, Deneş parçalarının boyutlarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 325, (2012) Ahşap Esaslı Levhalar – Deneş Parçası Boyutlarının Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 326-3, (2005). Ahşap esaslı levhalar, Numune alma, kesme ve muayene, Bölüm 3: Ayrılan bir levha partisinin muayenesi. TSE, Ankara.
- TS 4894 EN 120 Ahşap esaslı levhalar, Formaldehit miktarının tayini, Ekstraksiyon metodu ile ayırma. TSE, Ankara.
- URL-1 (2015). <http://www.parkelam.com.tr/> (10 Şubat 2016)
- URL-2 (2015) <http://home.ccr.cancer.gov/lop/intranet/policymanual/SafetyAppendices/formaldehydefactst.asp> (05.02.2015)
- URL-3 (2015). <http://www.sfc.com.tr/osb.asp> (15 Şubat 2016)
- URL-4 (2016). <http://tavilo.com.tr/TR,1591/gentas-werzalit.html> (15 Şubat 2016)
- URL-5 (2013). <http://web.ogm.gov.tr/BilgiServisleri/agacturleri/agac.htm>
- URL-6 (2015). <http://slideplayer.biz.tr/slide/2777077/> (15 Şubat 2016)
- URL-7 (2015). <http://orj.cc/pages.php?pageid=123> (15 Şubat 2016)
- URL-8 (2015). <http://www.siempekkamp.com/> (15 Şubat 2016)
- URL-9 (2016). http://www.biele.com/img/biele_wood/3-three-layer-board-solid-wood/2-press-lines-big-1.jpg (15 Şubat 2016)
- URL-10 (2016) <http://www.grecon-us.com/production-scanners/>
- URL-11 (2015). <http://www.chimarhellas.com/wp-content/uploads/2013/03/CHIMAR-Adhesive-Technologies-EA-CM-21112013.pdf>
- URL-12 (2015). <http://owic.oregonstate.edu/sites/default/files/pubs/Schwab.pdf>
- URL-13 (2015). <http://www.cancer.gov/search/results>
- URL-14 (2015). <http://home.ccr.cancer.gov/lop/intranet/policymanual/SafetyAppendices/formaldehydefactst.asp> (05.02.2015)

- URL-15 (2015). <http://dceg.cancer.gov/news-events/linkage-newsletter/2011-11/research-publications/formaldehyde> (15 Şubat 2016)
- URL-16 (2016). <http://www.denkim.com.tr/cmc.php#cmc-nedir> (15 Şubat 2016)
- URL-17 (2016). <http://www.ekipmuhendislik.com.tr/seluloz-turevleri-tesisleri.html> (15 Şubat 2016)
- Usta, P. (2011). Çay Bitkisi Atıklarından Elde Edilen Kompozit Levhanın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 84 s.
- Uysal, B. ve Kurt, Ş. (2005). Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured By using different adhesives after the steam test. *Gazi University Journal of Science*, 18 (4): 681-691.
- Vick, C. (1999). *Wood Handbook—Wood as an Engineering Material*. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. pp. 463.
- Wang, S. Y., Yang, T. H., Lin, L. T., Lin, C. J. ve Tsai, M. J. (2007). Properties of low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste chips sprayed with PMDI/PF resin. *Building and Environment*, 42 (7): 2472-2479.
- Zhang, X., Liu, L., Yang, S. Ve Long, K. (2012). Effect of carboxyl methyl cellulose on the adhesion properties of sodium silicate wood adhesive. *International Conference on Biobase Material Science and Engineering (BMSE)*, p:230-233.
- Zhang J, Wang X, Zhang S, Gao Q. Ve Li, J. (2013). Effects of melamine addition stage on the performance and curing behavior of melamine-urea formaldehyde resin. *Bioresource*, 8 (4): 5500–5514.
- Zhang, H. Y., Liu, J. ve Lu, X. N. (2013). Reducing the formaldehyde emission of composite wood products by cold plasma treatment. *Wood Research*, 58 (4): 607-616.
- Zhang, J., Chen, H., Pizzi, A., Li, Y., Gao, Q. ve Li, J. (2014). Characterization and application of urea-formaldehyde-furfural co-condensed resins as wood adhesives. *BioResources*, 9 (4): 6267-6276.
- Zhu, X., Xu, E., Lin, R., Wang, X. ve Gao Z. (2014). Decreasing the formaldehyde emission in urea-formaldehyde using modified starch by strongly acid process. *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (9) : 40202(1)-40202(6).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	:	İsmail ÖZLÜSOYLU
Doğum Yeri ve Tarihi	:	İZMİR/05.02.1986
Eğitim Durumu		
Ön Lisans Öğrenimi	:	Ege Üniversitesi Tire Kutsan MYO- Kağıt ve Kağıt İşleme Teknolojisi Bölümü
Lisans Öğrenimi		Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yan Dal	:	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi	:	Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller	:	İngilizce/Orta
Bilimsel Faaliyet/Yayımlar	:	
Aldığı Ödüller	:	Ege Üniversitesi Tire Kutsan MYO Okul Birinciliği (2007)
		Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm Üçüncülüğü (2011)
İş Deneyimi		
Stajlar	:	Tire Kutsan Kağıt Fabrikası-2006 (Tire-İZMİR) Orne Home Mobilya Fabrikası-2010 (Sarıç-İZMİR)
Çalıştığı Kurumlar	:	Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü (Eylül 2013-)
İletişim		
E-Posta Adresi	:	ismailozlusoylu@gmail.com , iozlusoylu@bartin.edu.tr
Tarih	:	15/01/2015 (Tez sınav tarihi)

