



T.C.

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI DERİŞİMLERDEKİ SODYUM HİDROKSİD (NaOH)
ÇÖZELTİLERİ İLE ÖN İŞLEM GÖRMÜŞ KIZILÇAM (*Pinus brutia*
Ten.) ODUNU YONGALARINDAN ÜRETİLMİŞ LEVHALARIN BAZI
KİMYASAL, FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ**

Beyhan KARAKUŞ YET

Danışman

Doç. Dr. Samim YAŞAR

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014**

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI DERİŞİMLERDEKİ SODYUM HİDROKSİD (NaOH)
ÇÖZELTİLERİ İLE ÖN İŞLEM GÖRMÜŞ KIZILÇAM (*Pinus brutia*
Ten.) ODUNU YONGALARINDAN ÜRETİLMİŞ LEVHALARIN BAZI
KİMYASAL, FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Beyhan KARAKUŞ YET

Danışman
Doç. Dr. Samim YAŞAR

DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014

Kızlarım Eysan ve Efnan'a

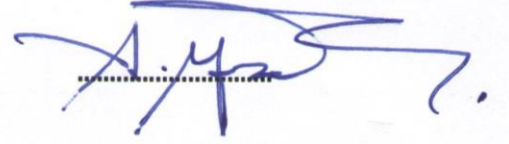
© 2014 [Beyhan KARAKUŞ YET]

TEZ ONAYI

Beyhan KARAKUŞ YET tarafından hazırlanan "Farklı Derişimlerdeki Sodyum Hidroksid (NaOH) Çözeltileri ile Ön İşlem Görmüş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunu Yongalarından Üretilmiş Levhaların Bazı Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik özellikleri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Samim YAŞAR
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa CENGİZ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. K. Bahattin GÜRBOY
İstanbul Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Öznur ÖZDEN
İstanbul Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Beyhan KARAKUŞ YET

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Kızılçam Hakkında Genel Bilgi.....	5
1.1.1. Kızılçamın botanik özellikleri.....	8
1.1.2. Kızılçam odununun anatomik özellikleri.....	9
1.1.2.1. Makroskopik özellikler.....	9
1.1.2.2. Mikroskopik özellikler.....	9
1.2. Yongalevha.....	9
1.3. Modifikasyon.....	12
1.3.1. Kimyasal modifikasyon.....	16
1.3.2. Fiziksel modifikasyon.....	17
1.3.3. Enzimatik modifikasyon.....	17
1.3.4. Termal modifikasyon.....	18
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Yöntem.....	33
3.2.1. Yongalevhaların üretimi.....	33
3.2.2. Fiziksel yöntemler.....	34
3.2.2.1. Rutubet miktarı.....	34
3.2.2.2. Yoğunluk.....	35
3.2.2.3. Su alma miktarı.....	36
3.2.2.4. Kalınlık artımı.....	36
3.2.2.5. Renk ölçümü.....	37
3.2.3. Mekanik yöntemler.....	38
3.2.3.1. Eğilme direnci.....	38
3.2.3.2. Eğilmede elastikiyet modülü.....	39
3.2.3.3. Yüzeye dik çekme direnci.....	40
3.2.4. Kimyasal yöntemler.....	41
3.2.4.1. Ekstraktif madde miktarı tayini.....	41
3.2.4.2. Lignin tayini.....	41
3.2.4.3. Holoselüloz tayini.....	42
3.2.4.4. FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) analizi.....	42
3.2.4.5. TGA/DTA (Thermogravimetric/Differential thermal analyzer) analizi.....	42
3.2.5. İstatistik değerlendirme.....	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	44
4.1. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele Edilmiş Yongalardan Üretilen Levhalara Ait Fiziksel Bulgular.....	44
4.1.1. Özgül ağırlık.....	44

4.1.2. Rutubet.....	46
4.1.3. Su Alma.....	48
4.1.4. Kalınlığına şişme	51
4.1.5. Renk ölçümü	53
4.2. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele Edilmiş Yongalardan Üretilen Levhalara Ait Mekanik Bulgular	56
4.2.1. Eğilme direnci.....	56
4.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü	58
4.2.3. Yüzeye dik çekme direnci	60
4.3. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele edilmiş Yongalara Ait Kimyasal Bulgular.....	63
4.3.1. Ekstraktif madde miktarı tayini	63
4.3.2. Lignin tayini.....	65
4.3.3. Holoselüloz tayini.....	67
4.3.4. FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) bulguları	69
4.3.5. TG / DTA (Thermogravimetric / Differential Thermal Analyzer) bulguları.....	74
5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	80
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI DERİŞİMLERDEKİ SODYUM HİDROKSİD (NaOH) ÇÖZELTİLERİ İLE ÖN İŞLEM GÖRMÜŞ KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) ODUNU YONGALARINDAN ÜRETİLMİŞ LEVHALARIN BAZI KİMYASAL, FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Beyhan KARAKUŞ YET

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Samim YAŞAR

Bu çalışmada kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan elde edilmiş yongalara levha üretiminden önce % 1, 2, 3, 4 ve 5'lik NaOH çözeltileri ile ön işlem uygulanmıştır. Ön işlem uygulanan yongaların ekstraktif madde, lignin ve holoselüloz miktarları belirlenmiştir. Yongalara uygulanan FTIR analizlerinden sonra spektrumlarında ön işlemlerle yongalarda OH grubu miktarında artış olduğu görülmüştür. Bundan dolayıdır ki ekstraktif madde, lignin ve holoselüloz miktarları belirlenmiştir. TGA analizlerinden sonra elde edilen eğriler yongalarda ısıtma soğutma ve aynı izotermal koşullarda bırakılmayla meydana gelen madde kaybı saptanmıştır. TGA sonuçları göstermiştir ki modifiye edilmemiş kontrol yongaları, ön işlem görmüş yongalara oranla daha yüksek termal kararlılığa sahiptir.

Yongalevhaların üretiminden sonra fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Su alma (SA), kalınlığına şişme (KŞ), eğilmede elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED), yüzeye dik çekme direnci (YDÇD) incelenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, uygulanan ön işlemlerin özellikle levhaların SA ve KŞ değerleri üzerine etkili olduğu görülmüştür. Bu değerler kontrol levhalarından itibaren % 5'lik NaOH uygulanmış levhalara kadar sürekli olarak bir düşüş göstermiştir. EM ve ED değerlerine bakıldığında, ise % 1, 2 ve 3 NaOH uygulaması ile elde edilen levhalarda diğerlerine oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Holoselüloz değerleri kontrol yongalarından itibaren % 5 NaOH uygulaması ile elde edilen levhalara kadar sürekli bir artış gösterirken, ekstraktif madde ve lignin miktarları ise tam tersi bir şekilde sürekli bir düşüşe sahip olduğu görülmüştür.

Çalışmamız sonucunda, kullanılacak yongalevhalarda eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün yüksek değerlere sahip olması arzulanığında yongalara % 1 NaOH ön işleminin uygulanabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yongalevha, sodyum hidroksid, kimyasal ön işlem, FTIR, TGA, fiziksel ve mekanik özellikler

2014, 108 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

SOME CHEMICAL, PHYSICAL AND MECHANIC PROPERTIES OF BOARDS MANUFACTURED FROM BRUTIAN PINE (*Pinus brutia* Ten.) PARTICLES PRE-TREATED WITH DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SODIUM HYDROXIDE (NaOH) SOLUTIONS

Beyhan KARAKUŞ YET

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Samim YAŞAR

In this study, the chips produced from brutian pine wood (*Pinus brutia* Ten.) were subjected to chemical pretreatment such as 1, 2, 3, 4 and 5 % NaOH treatment FTIR spectra of chips indicated that, the content of -OH groups was increased by pretreatment. Therefore, chemical component contents (extractives, holocellulose and lignin) of chips were determined. TGA curves were used to determine the weight loss of the chips as. They were heated, cooked or held isothermally. The results of TGA suggest that the unmodified control chips were more stable than pretreated chips. After producing particleboards, physical and mechanical properties namely; water absorption (WA), thickness swelling (TS), modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR) and internal bond strength (IBS) were studied.

The results also indicated that pretreatments have significant effects on WA and TS values of the boards. The values decreased continually from control board to board produced using 5 % NaOH pretreated chips. MOE and MOR values of the boards produced from 1, 2 and 3 % NaOH pretreated chips were better than others. Holocellulose content increased continually from control chips to 5 % NaOH pretreated chips, whereas the extractive and lignin contents continually decreased.

This study showed that more MOE and MOR values of the boards can be obtained using pretreatment with 1 % NaOH.

Keywords: Particleboard, sodium hydroxide, chemical pretreatment, FTIR, TGA, physical and mechanical properties

2014, 108 Pages

TEŞEKKÜR

“Farklı Derişimlerdeki Sodyum Hidroksid (NaOH) Çözeltileri ile Ön İşlem Görmüş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunu Yongalarından Üretilmiş Levhaların Bazı Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri” başlıklı doktora tez çalışmamı mesleki birikimi ilgi ve desteğiyle yöneten karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Samim YAŞAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimin oluşumunda manevi desteğini, engin tecrübe ve bilgisini benden esirgemeyen Doç. Dr. Bilgin GÜLLER’e çok teşekkür ederim.

Kendisini tanımaktan çok mutlu olduğum Sayın Müdürüm Doç. Dr. M.Hakan AKYILDIZ’a akademik hayatımda ve doktora tezimde bana sunduğu çalışma imkanlarından dolayı sonsuz minnetlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca hep yanımda olan ve desteklerini benden esirgemeyen değerli aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Manevi desteğiyle beni yalnız bırakmayan ve bu süreçte bana katlanan hayat arkadaşım Ahmet Hakan YET’e ve en değerli varlıklarım sevgili kızlarım Eyšan ve Efnan’a sonsuz sevgilerimi sunarım.

Beyhan KARAKUŞ YET
ISPARTA, 2014

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Orman Bölge Müdürlüklerine göre Kızılçam ormanlarının alansal dağılımı.....	6
Şekil 1.2. Yongalevha üretim teknolojisi.....	12
Şekil 1.3. Hücre çeperi boyutunda farklı odun modifikasyon tipleri.....	13
Şekil 3. 1. CIE lab renk alanları ve renk sistemler	38
Şekil 4.1. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlık değerleri.....	46
Şekil 4.2. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubet değerleri.....	48
Şekil 4.3. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma değerleri.....	50
Şekil 4.4. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerler.....	52
Şekil 4.5. Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların ΔE^* (renk değişimi) değerleri.....	56
Şekil 4.6. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme direnci değerleri.....	58
Şekil 4.7. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle modifiye edilmiş yongalardan yapılan levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri.....	60
Şekil 4.8. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri.....	62
Şekil 4.9. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayini değerle.....	64
Şekil 4.10. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayini değerleri	67
Şekil 4.11. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayini değerleri.....	69
Şekil 4.12. Doğal kızılçam yongalarının FTIR spektrumu	71
Şekil 4.13. % 1 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu.....	71
Şekil 4.14. % 2 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu.....	72
Şekil 4.15. % 3 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu.....	72
Şekil 4.16. % 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu.....	73
Şekil 4.17. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrum	73
Şekil 4.18. Doğal kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı	75
Şekil 4.19. % 1 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı	76
Şekil 4.20. % 2 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı	76
Şekil 4.21. % 3 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı	77

Şekil 4.22. % 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcam yongalarının termogravimetrik diyagramı	78
Şekil 4.23. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcam yongalarının termogravimetrik diyagramı	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Odun modifikasyon metodlarının sınıflandırılması	13
Çizelge 3.1. Üre formaldehit tutkalının özellikleri	32
Çizelge 3.2. Deneme Levhalarının Üretim Şartları.....	34
Çizelge 4.1. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlıklarına ait varyans analizi.....	44
Çizelge 4.2. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlıklarına ait duncan testi sonuçları	45
Çizelge 4.3. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubetlerine ait varyans analizi	47
Çizelge 4.4. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubetlerine ait duncan testi sonuçları	47
Çizelge 4.5. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma miktarlarına ait varyans analizi	49
Çizelge 4.6. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma miktarlarına ait duncan testi sonuçları	49
Çizelge 4.7. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerlerine ait varyans analizi.....	51
Çizelge 4.8. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerlerine ait duncan testi sonuçları	52
Çizelge 4.9. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan üretilen levhaların renk ölçümüne ait L* C* h° değerleri	53
Çizelge 4.10. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan üretilen levhaların renk ölçümüne ait a* b* ΔE* değerleri.....	54
Çizelge 4.11. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların renk ölçümünde ΔE* (renk değişimi) değerlerine ait varyans analizi	54
Çizelge 4.12. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların renk ölçümünde ΔE* (renk değişimi) değerlerine ait duncan testi sonuçları	55
Çizelge 4.13. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme dirençlerine ait varyans analizi	57
Çizelge 4.14. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme dirençlerine ait duncan testi sonuçları.....	57
Çizelge 4.15. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi	59
Çizelge 4.16. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait duncan testi sonuçları	59
Çizelge 4.17. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların yüzeye dik çekme direncine ait varyans analizi ...	61

Çizelge 4.18. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların yüzeye dik çekme direncine ait duncan testi sonuçları	61
Çizelge 4.19. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayinine ait varyans analizi.....	63
Çizelge 4.20. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayinine ait duncan testi sonuçları.....	64
Çizelge 4.21. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayinine ait varyans analizi.....	65
Çizelge 4.22. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayinine ait duncan testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.23. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayinine ait varyans analizi	67
Çizelge 4.24. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayinine ait duncan testi sonuçları.....	68
Çizelge 4.25. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarına ait pik yüksekliği (absorbans) değerleri	70
Çizelge 4.26. Doğal ve Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik değerleri	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	Kırmızılık (+) / yeşillik (-)
b*	Sarılık (+) / mavilik (-)
C*	Metrik renk
°C	Santigrat derece
CH ₂ O	Formaldehit
CH ₃ COOH	Asetik asit
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
cm ³	Santimetre küp
DTA	Differential thermal analiz
EM	Eğilmede elastikiyet modülü
ED	Eğilme direnci
FTIR	Fourier-transform infrared spectroscopy
GPa	Giga paskal
gr	Gram
h°	Metrik renk açısı
ha	Hektar
İYA	İğne yapraklı ağaç
kg	Kilo gram
km	Kilo metre
kp	Kilo pont
KŞ	Kalınlığına şişme
L*	Parlaklık/koyuluk
m	Metre
m ²	Metre kare
m ³	Metre küp
mm ²	Milimetre kare
ml	Mili litre
MPa	Mega paskal
N	Newton
NaClO ₂	Sodyum klorid
NaOH	Sodyum hidroksid
PDMI	Di izosiyanat
PEG	Polietilen glikol
SA	Su alma
TGA	Termal gravimetrik analiz
TS	Kalınlığına şişme
TS-EN	Türk standartları enstitüsü
UF	Üre formaldehit
YA	Yapraklı ağaç
YDÇD	Yüzeye dik çekme direnci
ΔE*	Renk değişimi
%	Yüzde

1.GİRİŞ

Nüfustaki yoğunlaşma ve teknolojiye gerçekleşen hızlı gelişmeler son yıllarda orman ürünlerine olan talebin fazlalaşmasını sağlamıştır. Ancak orman alanlarının azalması bu talebin karşılanabilmesi için orman endüstrisini odunu hammadde olarak en verimli şekilde kullanma zorunluluğu içerisine sokmuştur. Son ormancılık ana planı verilerine göre, endüstriyel oduna olan talebin 2013 yılında 22,5 milyon metreküp olacağı tahmin edilmiştir. Bununla birlikte, kavak odunu da dahil olmak üzere ülkemizde toplam odun arzının 10-16 milyon metreküp arasında yer aldığı belirtilmiştir (Öner ve Aslan, 2002).

Doğal kaynaklar kullanılırken hammaddenin az veya bol bulunuşuna göre teknoloji biçimlendirilmiştir. Bununla birlikte ekonomik kullanma yöntemleri geliştirilerek, hammaddelerden en iyi şekilde yararlanmak amaçlanmıştır. Günümüzde ormanlardan çok yönlü yararlanma gerçekleştirilirken, sadece odundan on bin civarında farklı ürün elde edilebilmektedir. Ancak odunun oldukça geniş kullanım alanının bulunması ve hızlı nüfus artışıyla birlikte, orman varlığı hızla azalmaktadır. Bu durum odunun değerinin sürekli artış göstereceğini ortaya koymaktadır. Bundan dolayı odunun en ekonomik şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Aydın, 2005).

Odun anizotropik bir malzemedir, bünyesinde öz odunu, diri odunu, ilkbahar odunu, yaz odunu, genç odun, budak, çatlak, yarık ve diğer patolojik kusurları bulundurabilir. Bundan dolayı, odun enine, radyal ve boyuna yönde farklı oranlarda çalışma göstermektedir. Bu çalışma farklılığından dolayı da, eğilebilmekte, kıvrılabilmekte ve oluklaşabilmektedir. Bu kusurlar masif odunda görülür iken, odun kompozitlerinde görülmemektedir. Odun kompozitleri farklı boyutlardaki bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar, kaplama levhaları, yongalar ve liflerdir. Kompozitlerdeki bileşenlerin boyutları küçüldükçe üretilen levhaların özellikleri daha üniform bir yapıda olmaktadır. Örneğin, yongalevha, etiket yongalevhadan, liflevha ise yongalevhadan daha üniform bir yapıya sahiptir (Rowell, 1992).

Masif odun mantar ve böcekler tarafından tahrip edildiği için, yapısında kusurlar oluşabilmektedir. Kompozit levhalarda ise, kullanılan kimyasal maddeler bu organizmalara karşı direnç göstermektedirler (Rowel vd., 1988).

Bunun yanı sıra, kompozitlere katılacak kimyasal toksik maddelerde lignoselülozik maddelerdeki biyolojik bozulmayı önlemektedir (Rowel vd., 1988).

Odun ve diğer lignoselülozik maddeler doğal olarak gelişen üç boyutlu polimerik kompozitlerdir (Stamm, 1965).

Odunun yapısındaki kimyasal bileşenler üç ana gruptan oluşmaktadır: bunlar selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bu organik ana yapı maddelerinden başka odunun yapısında az miktarda ekstraktif madde ve anorganik madde bulunmaktadır. Selüloz kapalı formülü $[C_6H_{10}O_5]_n$ olan bir polisakkarittir. Hücre çeperinin iskeletini oluşturan selüloz çeperin % 40-60'ını oluşturmaktadır. Selüloz ve hemiselülozlar holoselüloz olarak tanımlanıp odunun tam kuru ağırlığının yapraklı ağaçlarda % 70-80'ini, iğne yapraklı ağaçlarda ise ortalama % 70'ini oluşturmaktadır. Lignin ise, odunsu hücre çeperinin yapraklı ağaçlarda % 20'sini iğne yapraklı ağaçlarda % 30'unu oluşturarak selülozun yapışmasını sağlayıp dokuları odunlaştırmaktadır. Sjöström 1981'e göre, lignin miktarı İYA'larda % 26-32, YA'larda %24-28, tropikal ağaçlarda % 30, çekme odununda % 20-25 oranlarında olmaktadır. Selüloz eğilme ve elastikiyete karşı direnç gösterirken, lignin basınca karşı dirençlidir (Berkel, 1970).

Odunsu bitkilerin ve odunun yapısında bulunan bileşenler yapılan çalışmalarda değerlendirilmiş olup yıllık bitkilerde elde edilen değerler holoselüloz da % 67,6, 74,9, 77,6, 76,6, 64,8, 73,9, 74,9, 74,1, 77,9, 86,9 olup ortalama % 74,92 değerini, lignin de % 17,5, 18,2, 21,4, 19,5, 17,4, 15,7, 15,5, 15,4, 18,7, 6.6 değerleriyle ortalama % 16,59 değerini alkol benzen çözünürlüğü ise % 6,5, 7, 3, 6,5, 9,5, 5,3, 4,9, 9,2, 4, 4,2 değerleriyle ortalama % 6,01 değerini vermiştir (Bostancı vd., 1985; Bostancı, 1980; Atchison,1987; Clayton, 1969; Usta vd.,

1990; Eroğlu, 1980; Deniz, 1994; Usta, 1985; Kırcı, 1996; Gümüşkaya, 2002). İğne yapraklı ağaclar da holoselüloz da % 70,8, 71,6, 72,3, 68,5, 72,3, 74 değerleriyle ortalama % 71,6 değeri, lignin de % 27,4, 26,7, 26,4, 28,7, 27,5, 30 değerleriyle ortalama % 27,8 değeri, alkol benzen de % 5,8, 3,7, 3,5, 3,9, 1,7, 1,0 değerleriyle ortalama % 3,3 değeri, belirlenmiştir (Kırcı, 1991; Usta, 1989; Kırcı vd., 2002; Tank, 1964, Hafızoğlu vd., 1997; Bostancı, 1979). Yapraklı ağaclar da ise holoselüloz da % 80,6, 72,7, 79,2, 79,1, 82, 77,5 değerleriyle ortalama % 78,56, lignin de % 18,4, 29,4, 25,3, 18,2, 21,3, 18,5 değerleriyle ortalama % 21,96, alkol benzen de % 2,4, 1,5, 3,8, 4,2, 4,2, 2,5 değerleriyle ortalama % 2,87'tir (Tank, 1976; Huş vd., 1975; Bostancı, 1985; Tank, 1980; Kırcı, 1987; Tuğtekin, 1993).

Odun higroskopik özellikte olup kütlesi, boyutları ve yoğunluğuyla beraber mekanik elastik ve ısı taşıma özellikleri rutubet değişmelerinden etkilenmektedir. Bunun sonucu olarak kullanım yerlerinde istenilmeyen kusurlar meydana gelmektedir. Bu nedenle odunun masif olarak değerlendirilmesinin yanında, lif, yonga ve tabakalı ağaclar malzeme yöntemleri kullanılarak daha az kusurlu malzeme üretilmekte ve endüstri atıkları da değerlendirilmektedir (Rowell, 1985).

Alternatif hammadde kaynaklarının orman ürünleri sanayisinde kullanılmasına yönelik çalışmalar çok yoğun olmasına rağmen endüstriyel olarak kullanılan hammadde kaynakları oldukça sınırlı kalmaktadır. Buna istinaden odun dışı lignoselülozik kaynakların alternatif olarak yongalevha üretiminde değerlendirilmesi üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan sera atıkları (Güntekin ve Karakus, 2007), buğday sapsları (Mo vd., 2003; Halvarasson vd., 2005), pirinç kabukları (Leiva vd., 2007), şeker kamışı (Wu,2001; Lee vd., 2007), pamuk sapsları (Güler ve Özen, 2006), ay çiçeği sapsları (Bektaş vd., 2005; Güler vd., 2006) ve kenaf (Sellers vd., 2005) değerlendirilerek yongalevha üretimi geręekleřtirilmiřtir.

Yongalevha üretiminde hammaddeyi % 90 oranında odun yongaları oluşturmaktadır. Bu durumda, üretilen yongalevhaların herhangi bir koruyucu işleme tabi tutulmadan kullanılması durumunda çeşitli biyotik ve abiyotik zararlılarca tahrip edilmesi söz konusudur. Buna bağlı olarak üretilen üründe boyut değişmesi, renklenme görülmekte ve direnç özelliklerinde kayıplar meydana gelmektedir. Oysa yongalevha üretiminin amacı ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri yanında, biyolojik ve kimyasal özelliklerini de iyileştirmek ya da mevcut özelliklerini korumaktır. Bu sebeple yongalevhanın dış etmenlere karşı etkili bir şekilde korunması gerekmektedir (Var vd., 2002).

Kompozit malzemelerin bileşenlerinin kimyasal maddelerle reaksiyona girmesi ve bileşenlerin kimyasal yapısının değiştirilmesiyle oduna kimyasal modifikasyon uygulanmasının yanısıra, kompozit malzemelere kimyasal reaksiyona girmeden ön işlemler de uygulanabilmektedir. Dünya çapında da, yongalevhaların ve bazı odun kompozitlerinin özelliklerini daha iyi hale getirmek için kullanılan bu işlemler, asetillendirme (Chow vd., 1996; Gomez Bueso vd., 1999; Abdul Khalil vd., 2007), kolafan ve alkid reçinesi ile muamele (Var, 2002), enzim kullanma (Zhang vd., 2003), yüksek ısı ile muamele (Boonstra vd., 2006), sodyum hidroksid (NaOH) ile muamele (Wang ve Yu, 1993) ve borik asit ile muamele (Var vd., 2002; Zaidon vd., 2007) şeklindedir.

Çalışmamız içerisinde genel olarak, yongalevha üretiminde gövde formu bozukluğundan dolayı yongalevha da fazla kullanılan kızılçam odunu yongaları tercih edilmiş ve kızılçam yongalarından levhalar üretilmeden önce yongalar, özellikle mekanik özelliklerde olumlu etki sergileyen sodyum hidroksidin (NaOH) (Lopattananon vd., 2008, Güntekin vd. 2009; Güntekin 2012) % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 olmak üzere farklı derişimleriyle muamele edilerek, kimyasal ön işlem uygulanmıştır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Bu çalışmadaki amaç, farklı derişimlerde kimyasal ön işlem uygulanmış hammaddeden üretilen yongalevhaların çeşitli özelliklerini ortaya çıkarmak ve karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda levhaların mekanik ve fiziksel deneyler

sonucunda performans değerlerine olan etkisi, uygulamalar sonucunda örneklerde hücre çeperi ana bileşenlerini oluşturan polisakkaritler (holoselüloz) ve ligninin yanısıra, ekstraktiflerin oranlarındaki değişimler incelenmiş, FTIR ve TGA analizleriyle çalışma desteklenmiştir. Bu uygulamalarla levha özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Kızılçam Hakkında Genel Bilgi

Kızılçam kuzey yarım kürenin kabaca 15-45 doğu boylamları ile 32-45 kuzey enlemleri arasında kalan bir bölgede yayılış göstermektedir. Bu sınırlar içinde en batı ucu Kalabriya Yarımadası, en doğu noktasını ise Irak'ın kuzeyindeki Zavita Altrush bölgesi oluşturmaktadır. Kızılçam genel yayılışını Güney İtalya, Güney Ege Adaları, Türkiye, Kıbrıs, Lübnan, Ürdün, Kuzey Irak, Batı Suriye, Kırım ve Batı Kafkasya'da yapmaktadır. Kızılçam en geniş yayılışını başta Türkiye olmak üzere, Doğu Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirmektedir (Anşin vd., 1993).

Türkiye'nin toplam alanı 77,9 milyon hektar olup bunun 21,6 milyon hektarı (% 27,60) ormanlarla kaplıdır. Ormanlarımızın 2999684,9 hektarı normal, 2420839,7 hektarı bozuk olmak üzere toplam 5420524,6 hektarı kızılçam ormanlarından oluşmaktadır. Çalışmamızda da materyal olarak Akdeniz, Ege, Güney Marmara ve Karadeniz ardı bölümlerinde saf orman oluşturan ve Pinaceae familyası Pinus L. cinsinde yer alan bir tür olan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kullanılmıştır. Kızılçam ülkemiz orman alanının % 18'ini oluşturmaktadır (Çalışkan, 1998). Odun hammaddesi açığının hızla arttığı ülkemizde, beş milyon hektarı aşan miktarda saha kaplayan kızılçam ormanları, 270 milyon m³'ü aşan dikili gövde hacmi ve 4 milyon m³'e varan yıllık odun verim gücü ile ayrı bir yere sahip olan önemli ağaç türlerinden biridir (OGM, 2012).

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), kapladığı alanla ülkemizin en geniş alana yayılmış ağaç türüdür. Orman Bölge Müdürlüklerine göre Kızılçam ormanlarının alansal dağılımı Şekil 1.1'de verilmiştir



şekil 1.1. Orman Bölge Müdürlüklerine göre Kızılcam ormanlarının alansal dağılımı

Türkiye’de Kızılcam, Akdeniz Bölgesi’nde deniz seviyesinden başlayarak 1200 metre yükseltiye kadar saf meşcereler halinde görülmektedir. Burdur Gölhisar ormanlarında 1595-1600 metre yükseltilere kadar meşcere formunda bulunmaktadır. Kızılcam Akdeniz Bölgesinde 1200 metreden sonra karaçam ile karışım yapmaktadır. Marmara’da 0-700 m’ler arasında saf halde veya fıstık çamı ve servi ile karışık meşcereler kurmaktadır. Ege Bölgesi’nde 0-800 metre yükseltilere kadar saf, 800-1000 metrelerde ise karaçam ile karışık halde bulunmakta, Uşak dolaylarında 1100-1150 m’ye kadar görülmektedir. Batı ve Orta Karadeniz’de kızılcam ancak Karadeniz üzerinden gelen serin iklim etkisinden korunmuş vadilerde ve güney bakılı yamaçlarda, küçük alanlarda orman kurabilmektedir. Bölgede 600-700 metre yükseltilere kadar çıkmaktadır (Genç, 2004; Kantarcı, 1998; Genç vd., 1997).

Kızılcam ormanları, ılık ve yağışlı kış mevsiminin hakim olduğu yetişme ortamlarında yayılmaktadır. Bu yetişme ortamları Akdeniz Bölgesinde güney bakılarda, Ege bölgesinde güneybatı bakılarda, Karadeniz bölgesinde derin vadilerde güney bakılarda bulunmaktadır (Kantarcı, 1984).

Kızılcamın orman kurduğu alanda, ortalama sıcaklık değerleri 11-20°C, ocak ayındaki ortalama sıcaklık değerleri 1,5-12,5 °C, yaz ayındaki ortalama sıcaklık değerleri 20-27,5 °C’ dir (Kantarcı, 1998).

Kızılçam ormanlarının yayıldığı bölgelerde, yağışlar kış mevsiminde fazla ve sağanaklar biçiminde, yazın ise azdır. Yıllık yağış değerleri; ortalama 420-1920 mm, yaz aylarında 20-200 mm, ocak ayında ise ortalama yağış değerleri 80-550 mm dir. Bu türün bulunduğu bölgelerde yıllık ortalama bağıl nem değerleri ise % 63-72 arasında değişmektedir. Kızılçamın doğal olarak yayıldığı pek çok bölgede hakim rüzgar yönü batı ve güneybatıdır (Özdemir, 1977; Kantarcı, 1984).

Kızılçam en iyi bonitetiyle en düşük boniteti arasında büyüme bakımından geniş bir varyasyona sahiptir. Doğal kızılçam ormanlarında iyi bonitetli yerlerde yıllık ortalama artım 11,44 m³/ha'a kadar çıkmakta ve bu miktarla da hızlı büyüyen türler arasına girmektedir. Doğal ormanlar için biyolojik idare süresi iyi bonitetli ormanlar için 50, düşük bonitetli ormanlar için ise 60 yaş olarak belirlenmiştir (Genç, 2004).

Kızılçam ağaçlandırma alanlarında yapılan gözlemlerde uygun yetiştirme ortamlarında diğer yerli türlere göre daha hızlı gelişmektedir. 2000 yılı sonu itibariyle kızılçam ağaçlandırmalarının kümülatif toplamının 706.989 hektar olduğu, toplam ağaçlandırmalar içinde iğne yapraklı türlerle yapılan ağaçlandırmaların payının % 94 ve kızılçamın bu ağaçlandırmalar içindeki payının % 42 olması ile en yüksek değeri gösterdiği bildirilmektedir. Bu değerlerden de anlaşıldığı gibi endüstriyel odun hammaddesi ihtiyacının karşılanmasında kızılçam önemli bir ağaç türüdür (Konukçu, 2001).

Kızılçam odunu gövde formu bakımından genellikle düzgün değildir ve kalın dallara sahiptir. Bundan dolayı odunu fazla kıymetli değildir. Ancak yongalevha üretimi açısından gövde formunun bozukluğu ve dal odunu pek sakınca oluşturmadığı için bu tür yongalevha endüstrisinde tercih edilmektedir. Kızılçam odununu yapı malzemesi, kereste, tel ve maden direği, çit malzemesi, ambalaj yapımı ve bunun yanı sıra kağıt, liflevha, kontrplak ve kompozit levha yapımında da hammadde olarak değerlendirilmektedir (Bozkurt vd., 1996).

1.1.1. Kızılçamın botanik özellikleri

Genel görünümü ile Halep çamına benzeyen, bazı botanikçiler tarafından Halep çamının bir varyetesi olarak kabul edilen Kızılçam, birtakım morfolojik ve anatomik özellikleri ile ondan kesin olarak ayrılır. Sahil kesimlerinde 15-20 m boyunda ve 60 cm çapında kalın dallı bir ağaçtır, gövdeleri çoğunlukla düzgün değildir, ancak rakım yükseldikçe, ağaçlarda gövdelerin düzgünleşmeye, boyların artmaya (20-25 m) başladığı, tepelerin sivrileştiği ve dalların inceldiği görülmektedir (Anşin ve Özkan, 1993; Gökşin, 2001).

Genç sürgünler tüysüz, kalın ve koyu kırmızı renktedir. Bu tür, ismini taze sürgünlerinin kırmızı renginden almaktadır. Gençlikte sivri yapıdaki tepe ve boz renkli düzgün yüzeyli kabuk, ileri yaşlarda geniş dağınık tepe ile derin çatlaklı esmer kırmızımsı renkli kalın kabuğa dönüşmektedir. Düzgün dallar gövdeden dik bir açıyla çıkarlar ve uçlarında çoğunlukla kısa sürgünler bulunmaktadır (Anşin ve Özkan, 1993; Gökşin, 2001).

İğne yapraklar, 10-18 cm ve daha yukarı boyutlarda, sert ve koyu yeşil renkli olup özellikle reçine kanallarının genişliği ve çevre yapısı ile Halep çamı yapraklarından farklılık göstermektedir (Yaltırak ve Efe, 2000).

Kozalak 6-11 cm boyutlarında, parlak açık kahverengi olup topaç biçimindedir. Çok kısa saplı ya da sapsız kozalak sürgünlere dik oturmakta veya yan durumlu olarak çoğunlukla 2-6 adedi bir arada çevrel halde bulunmaktadır. Apofiz yan pervazlı, göbek büyük ve Halep çamının aksine içe doğru hafif basık şekildedir (Anşin ve Özkan, 1993).

Toprak istekleri çok az olan bu sahil ağacımız, kışları ılıman yazları sıcak ve kurak olan yerlerde, toprak bakımından kayalık, kireçli veya kumlu alanlarda yetişebildiği gibi, elverişli yetişme yeri koşullarında çok daha iyi bir gelişme göstermektedir (Gökşin, 2001).

1.1.2. Kızılçam odununun anatomik özellikleri

1.1.2.1. Makroskopik özellikler

Halep çamına benzer. Kızılçam odununun makroskopik yapısında, diri odun doğal halde kırmızımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımtırak kahverengidir. Yıllık halkalar belirgindir. Gövdenin alt kısımları genellikle oluklu yapıdadır. Kabuğu kalın ve derin yarıntılı, kırmızımsı kahverengindedir. Aromatik kokuludur. İlkbahar-yaz odunu geçişi tedrici veya ani olabilmektedir (Bozkurt ve Erdin,1995; Erten ve Önal, 2001; Merev, 2003).

1.1.2.2. Mikroskopik özellikler

Enine kesitte, yaz odunu tabakası yıllık halka içerisinde çok az bir yer kaplamaktadır. Reçine kanalları ilkbahar-yaz odunu geçişinde yer almaktadır. Ayrıca reçine kanalları yıllık halkaların içerisinde dağınık vaziyette noktalar halinde görülmektedir. Boyuna ve horizontal reçine kanalları bulunmaktadır. Boyuna traheidlerde kenarlı geçitler üniseridir. Enine traheidlerin çeperleri ince ve kısa diş şeklinde kalınlaşmaktadır. Radyal kesitte, traheidler arasında bordürlü geçitler yer almaktadır. Bunlar ilkbahar odunu içerisinde büyük, yaz odununda ise küçük bulunmaktadır. Özışını paransim hücreleri çok miktarda basit geçitler ihtiva etmektedir. Teğet kesitte özışınları tek sıralı, ancak yatık reçine kanalı ihtiva eden özışınları birkaç sıralıdır. Traheidlerin teğetsel çeperlerinde bordürlü geçitlere rastlanmaz. Karşılaşma yerlerinde 1-4 adet pinoid tip geçitten oluşmaktadır (Bozkurt ve Erdin,1995; Erten ve Önal, 2001; Merev, 2003).

1.2. Yongalevha

Yongalevhalar çeşitli standartlara göre değişik şekilde tanımlanmaktadır. TS EN 309'a göre yongalevha, odun (odun yongası, testere talaşı) ve/veya diğer

lignoselülozik lifli materyalin (keten, kenevir lifleri, şeker kamışı vb.) bir tutkal ilavesi ile sıcaklık ve basınç etkisi altında şekillendirilmesi ile oluşmaktadır.

BS 1811 numaralı İngiliz standardına göre yongalevha, odun ve diğer lignoselülozik lifli materyalin (odun yongası, testere talaşı, keten lifi vb.) bir tutkal ilavesiyle veya tutkalsız olarak hidrolik bağlayıcıların meydana getirdiği bir yapışma ile şekillendirilmesi sonucu oluşan levhadır.

Bu standartlarda yapılan tanımlarla birlikte yongalevha kurutulmuş odun yongalarının sentetik reçine tutkalları veya uygun bir yapıştırıcı ile sıcaklık ve basınç altında geniş yüzeyli levhalar haline dönüştürüldüğü bir malzeme olarak tanımlanmaktadır.

Yongalevhalar bazı esaslara göre sınıflandırılmaktadır. Ancak endüstriyel anlamda en önemli sınıflandırma özgül ağırlığın esas alındığı sınıflandırmadır. Bozkurt ve Göker (1990)'e göre yongalevhalar özgül ağırlıkları esas alınarak aşağıdaki gibi üç farklı grupta sınıflandırılabilir.

- Düşük özgül ağırlıktaki yongalevhalar : $< 0,59 \text{ g/cm}^3$
- Orta özgül ağırlıktaki yongalevhalar: $0,59-0,80 \text{ g/cm}^3$
- Yüksek özgül ağırlıktaki yongalevhalar $> 0,80 \text{ g/cm}^3$

Yongalevha birçok kullanım yeri için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri taşımaktadır, düzgün yüzeyli olup istenilen kalınlıkta üretilebilmektedir. Homojen bir yapıya sahiptir, civi, vida ve tutkal gibi diğer malzemelerle birleştirilebilmektedir. Büyük ebatlarda üretilmiş olması işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Üst yüzey işlemleri uygulanabilmektedir. Yongaların koruyucu yanmayı geciktiren ve hidrofobik maddelerle muamele edilmesiyle çeşitli özellikler kazandırılabilir. İşlenmesi kolay, masif ağaç malzemedeki görülen budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunmaz ve nispeten ucuzdur. Bütün bu özelliklere sahip olmasından dolayı oldukça büyük bir üretim artışı gerçekleştirmektedir (Örs ve Akyıldız, 2003).

Yongalevha fikri dünya orman varlığının her gün azalmasına rağmen nüfusun taleplerini karşılayabilmek için endüstriyel atıkların değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmaların sonucu ortaya çıkmıştır. İlk yongalevha fabrikası; 1941 yılında Almanya Brehmen' de Torfit-Werke G A. Firması tarafından 10 ton/gün kapasiteli olarak kurulmuştur. Yapıştırıcı olarak fenol formaldehit kullanılmış ve ladin yongalarından günde 10 ton levha üretilmiştir. Ülkemizde ise; ilk fabrika 1955'te İstanbul Kartal'da (3000 m³/yıl kapasiteli) kurulmuştur. Üretim 1993'te 28 fabrika ile yaklaşık 2.000.000 m³/yıl ulaşmıştır (Güler, 2001).

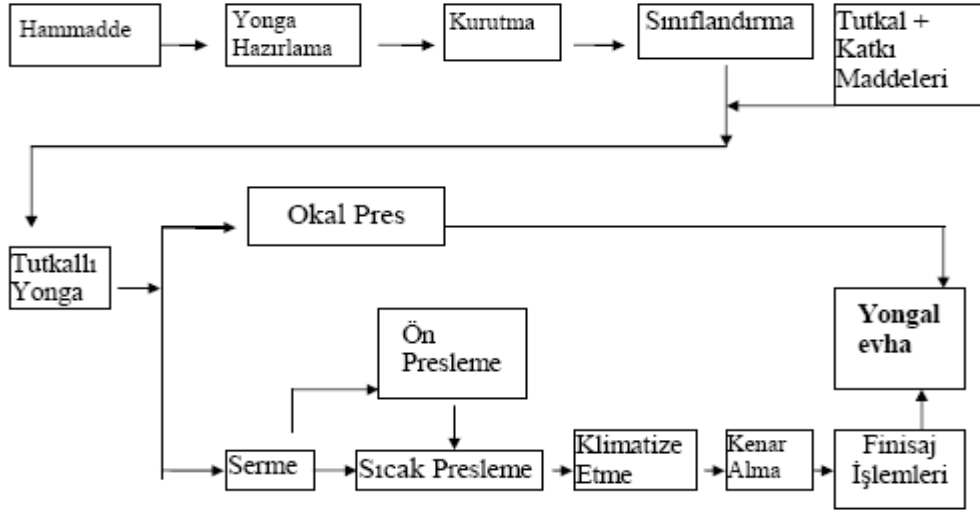
Günümüzde ise, ülkemizde 24 yongalevha tesisinden 19 tanesi üretim faaliyetlerine devam etmektedir. 1 tane Werzalit (Yönlendirilmiş Yongalevha) tesisi bulunmaktadır. Yongalevha üretimi yapan bu fabrikaların % 10'unda melamin kaplama hattı bulunmazken, % 90'ında melamin kaplama hattı bulunmaktadır. Buna göre; fabrikalardan % 10'u ürünlerini çıplak olarak % 90'ı hem çıplak hem de büyük bir kısmını melamin emdirilmiş dekorlu kâğıtlarla kaplayarak piyasaya sunmaktadır (Dayanıklıoğlu, 2009).

Üretilen toplam yongalevha miktarı 12.391 m³/gün olup yıllık olarak ise, 3.717.300 m³/yıl'dır. Yıllık yongalevha üretimimizin % 11,9'u da ihraç edilmektedir (Dayanıklıoğlu, 2009).

Genel olarak 0,55-0,60 g/cm³ yoğunluktaki yatay preslenmiş yongalevhalar en fazla tüketilen yongalevha türüdür. Bu yoğunlukta üretilen yongalevhalar kullanım alanları için zımparalanmış ve lamine edilmiş olarak üretilmektedir. Üretilen yongalevhaların üretim iş akışı aşağıda Şekil 1.2'de gösterilmektedir. 12-25 mm kalınlıklardaki çok tabakalı levhalar mobilyanın alt, yan ve ön cephelerinde, 4-8 mm kalınlıktaki levhalar ise mobilyanın arka kısımlarında arkalık veya çekmecelerde çekmece altı olarak kullanılmaktadır.

Açık hava koşulları için; emprenye edilerek üretilen yongalevhalar konutların dış cephelerinde kullanılmaktadır. Özel kullanım ortamları için yongalevhaya

istenilen özelliği kazandırabilecek değişik tutkallar ve kimyasal maddeler kullanılarak yongalevhalar üretilmektedir.

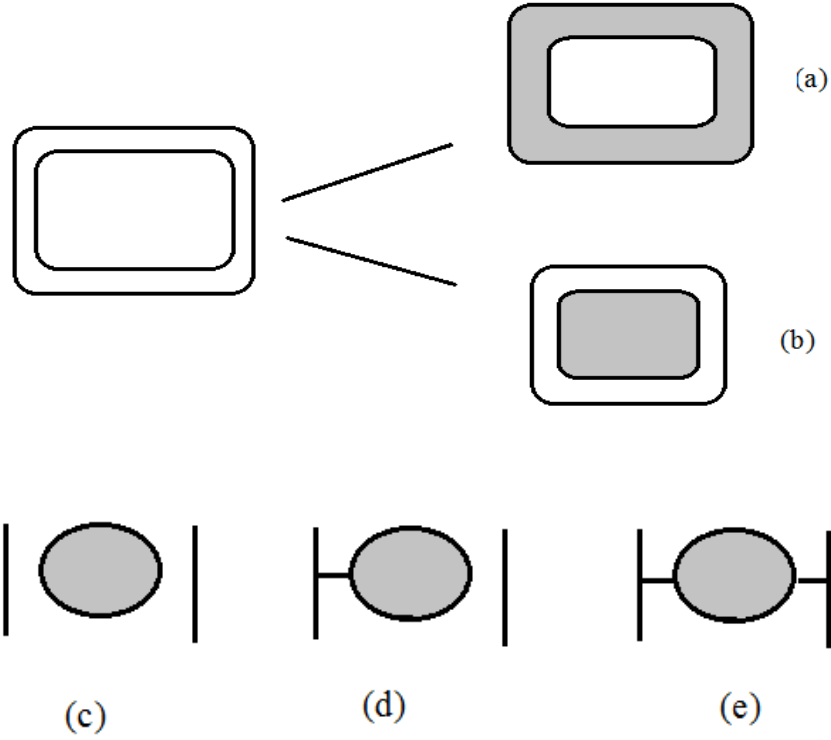


Şekil 1.2. Yongalevha üretim teknolojisi (Güller, 2001).

1.3. Modifikasyon

Odun modifikasyonu, odunun doğal yapısını belli bir şekle dönüştüren, değiştiren veya farklılaştıran bütün yöntemleri içermektedir. Bu nedenle, odunun geleneksel emprenye maddeleriyle muamele edilmesi veya basit bir yüzey işleminden geçirilmesi bile odun modifikasyonu içinde değerlendirilmektedir.

Odun modifikasyonu kavramı çoğu kez odun bileşenlerinin çeşitli kimyasal maddelerle reaksiyona girmesi ve bu yolla odunun kimyasal yapısının değiştirilmesi, yani odunun kimyasal modifikasyonu anlamında da kullanılmaktadır. Odun modifikasyonu odunun kimyasal yapısını değiştirerek (aktif modifikasyon) sağlanabileceği gibi odunun kimyasal yapısını değiştirmeden (pasif modifikasyon) özelliklerinin değiştirilmesi ile de sağlanabilmektedir. Norimoto ve Gril (1993)'de modifikasyon ile hücre duvarında meydana gelen değişiklikleri sınıflandırmaktadırlar. Şekil 1.3 ve Çizelge 1.1'de açıklamalar özetlenmektedir.



a. Emprenye işlemiyle dolu hücre metodu b. Emprenye işlemiyle boş hücre metodu

c. Modifikasyonla d. Kovalent bağ e. Çapraz Bağ

Şekil 1.3. Hücre çeperi boyutunda farklı odun modifikasyon tipleri (Hill, 2006)

Çizelge 1.1. Odun modifikasyon metodlarının sınıflandırılması (Norimoto ve Gril, 1993)

Bölüm	Tip	Sınıf	
AKTİF MODİFİKASYON	Kimyasal modifikasyon	Hücre duvarı	(d,e)
		Yüzey	(-)
	Termal modifikasyon		
		Hücre duvarı	(-)
PASİF MODİFİKASYON	Enzimatik modifikasyon		
		Yüzey	(-)
	Emprenye modifikasyonu	Hücre duvarı	(a,c)
Lümen		(b)	

Odun modifikasyonu yöntemlerini, oduna etki ediş biçimlerini göz önüne alarak aşağıdaki gibi sınıflandırmak da mümkündür (Yıldız, 1994).

1) Odunda kimyasal reaksiyon meydana getirmeyen yöntemler

a) Kimyasal madde kullanılmayan yöntemler

- Su buharıyla muamele ve kurutma işlemi
- Yüksek sıcaklık uygulamaları (ısıtım işlemi)

b) Kimyasal madde kullanılan yöntemler

- Rutubete karşı koruyucu dış ve iç yüzey tabakaları oluşturma (su itici maddeler; parafin, beziryağı, vb.)
- Suda çözünen tuz ve şekerlerle muamele
- Suda çözünen polimerlerle muamele (polietilen glikol, vb.)

2) Odunda kimyasal reaksiyon meydana getiren yöntemler

a) Odun bileşenleriyle bağ yapmayan kimyasal maddelerin kullanıldığı yöntemler

- Odun-polimer kompozitleri (stiren, metil metakrilat, vb.)
- Bazı sentetik reçinelerle muamele (kompreg, impreg, vb.)

b) Odun bileşenleriyle bağ yapan kimyasal maddelerin kullanıldığı yöntemler

- Ester formu oluşturan yöntemler (asetillendirme, vb.)
- Asetal formu oluşturan yöntemler (formaldehit muamelesi, vb.)
- Eter formu oluşturan yöntemler (epoksit muamelesi, vb.)

3) Odunun plastikleştirilmesi

4) Odun liflerinin üstün performanslı kompozit malzeme yapımında kullanılması

5) Yeniden kullanılabilen odun ve plastik kökenli malzemelerden kompozit üretimi

Odun temel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan üç boyutlu polimerik yapıda doğal bir kompozit malzemedir. Bu polimerler hücre çeperini oluşturmakta ve odunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin pek çoğundan sorumlu olmaktadır. Odun ile zararlı çevre faktörleri arasındaki kimyasal reaksiyonların sonucu; odunun biyolojik bakımdan bozulması, tutuşabilmesi,

çalışması, ultraviyole (UV) ışınlarıyla dengede olması, asit ve bazlardan olumsuz etkilenmesi gibi arzu edilmeyen özellikler ortaya çıkabilmektedir. Bu zarar ve bozulma şekilleri doğal olarak kimyasal karakter taşıması nedeniyle, hücre çeperi polimerlerinin temel kimyasal yapısını değiştirerek söz konusu bozulmaları bertaraf etmek veya oranlarını azaltmak mümkün olabilmektedir.

Odun modifikasyonu masif odunun yanında, liflevha ve kontrplakta da uygulanabilmektedir. Orman ürünleri endüstrisi artıkları, aralama kesimi hasılatı ve dal odunu gibi hammaddeler ile yıllık bitki sapsarı, şeker kamışı, saman, pamuk sapsarı gibi tarım artıkları ve hızlı büyüyen ağaç odunu ve liflerinin kimyasal modifikasyonu yoluyla üretilen liflevha ve yongalevha ürünlerinde direnç özellikleri, boyutsal kararlılık ve biyolojik degradesyona karşı direncin arttığı birçok çalışmada ifade edilmektedir. Pahalı olmayan düşük performanslı lignoselülozik maddelerden, pahalı ve yüksek performans özelliklerine sahip kompozit malzemelerin üretilebilmesi gün geçtikçe azalan orman kaynaklarımızın verimli bir şekilde değerlendirilmesine imkan sağlayacaktır.

Azalan orman kaynakları nedeniyle levha endüstrisinde odun yerine yıllık bitkiler, orman artıkları (dal, ince materyal) ve tarımsal artıkların kullanılması amacıyla çeşitli araştırmalar özellikle son zamanlarda önem kazanmıştır. Ancak bu tarz lignoselülozik maddelerin kullanılmasında direnç değerlerinde azalmalar olmaktadır. Bu hammaddelerin endüstriyel kullanımı için boyutsal stabilizesinin ve direnç özelliklerinin artırılması için birtakım ön işlemlerden geçirilerek doğal yapıları kullanım koşullarına uygun hollere getirmek için farklı yöntemlerle hammaddenin yapısını dönüştüren, değiştiren veya başkalaştıran modifikasyon işlevlerinin uygulanması kaçınılmaz olmaktadır (Dizman, 2005).

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi, endüstriyel tarım artıklarının veya hızlı büyüyen ancak dayanıklılığı az olan ağaç türlerinin levha endüstrilerinde kullanımını sınırlandıran temel etken boyutsal stabilizenin çok düşük olmasıdır. Bu olumsuz özellikler kimyasal modifikasyon teknolojisi ile büyük ölçüde

engellenebilir ve bu tarz lignoselülozik materyallerin yongalevha endüstrisinde kullanımı sağlanabilir.

Ayrıca, modifiye edilmiş örnekler atıl hale geldiklerinde çevreye ve insan sağlığına bir problem yaratmamaktadır. Çünkü kullanım ömrünü tamamlamış odun, modifiye edilmemiş odun gibi düşünülebilir. Bu da modifikasyon yöntemleri için bir diğer avantaj olmaktadır (Suttie ve Thompson, 2001).

Hammadde özelliklerini iyileştirerek dayanım ve performansı arttırmak amaçlı emprenye maddelerini kullanmadan yapılan modifikasyon yöntemlerini dört gruba ayırmak mümkündür. Bunlar,

1. Kimyasal,
2. Fiziksel,
3. Termal,
4. Enzimatik modifikasyondur.

1.3.1. Kimyasal modifikasyon

Kimyasal modifikasyon, hücre çeper bileşenleri ile katalizörlü ya da katalizörsüz bir kimyasal madde arasında stabil bir kovalent bağın oluştuğu kimyasal reaksiyonu ifade eder.

Kimyasal modifikasyon odunda özellikle aşağıda belirtilen özellikleri iyileştirmeyi hedeflemektedir (Dizman, 2005)

1. Boyutsal stabilizasyonu arttırmak,
2. Biyolojik dayanımı arttırmak,
3. Dış hava koşullarına karşı dayanımı arttırmak,
4. Odunun akustik özelliklerini arttırmak.

Uygulanan modifikasyon yönteminin etkinliği: çok fazla çeşitlilik gösteren çok sayıdaki kimyasal maddenin odun hücre çeper bileşenleriyle reaksiyona girmesi sonucunda büyük ölçüde sıcaklık, zaman, pH, katalizör, solvent gibi reaksiyon parametrelerinin çeşitliliğinden etkilenmektedir. Odun ve liflerin karmaşık anatomik yapısı; odun türlerinin farklı kimyasal ve anatomik yapılar sergilemesi, hatta tek bir ağacın farklı bölgeleri arasındaki anatomik farklılıklar bulunması reaksiyon sonuçlarını büyük ölçüde etkilemektedir.

Kimyasal olarak odun hücre duvar polimerlerin modifikasyonunda birçok farklı yöntem uygulanabilmektedir. Odunun hücre duvarı polimerlerinde en çok bulunan reaktif kısım hidroksil gurubudur ve kimyasal modifikasyon reaksiyonlarında en çok odunun hidroksil gurubu ile ilgili reaksiyonlar çalışılmıştır (Rowell, 1996).

1.3.2. Fiziksel modifikasyon

Fiziksel modifikasyon yönteminde kullanılan kimyasal maddeler ve odun hücre çeperi bileşenlerinin kendi arasında herhangi bir kimyasal reaksiyonu söz konusu olmamaktadır. Bu kimyasal maddeler, odunun hücresel ve kapiler boşluklarına yerleşmektedir. Bu yöntemlerin ağırlıklı amacı, mekanik direnç özelliklerini iyileştirmekten çok odun-su etkileşimini azaltmaya yöneliktir.

1.3.3. Enzimatik modifikasyon

Enzimatik modifikasyonda ise, lakkaz enzimi ile fenolik bileşiklerin oksidasyonu yoluyla lignoselülozik liflerin bağ yapması sağlanmaktadır. Enzim yöntemini kullanarak levha ve panellerin sentetik yapıştırılması hem ekonomik hem de çevresel avantajlara sahip olmaktadır. Lakkaz ile muamele edilen liflerden üretilen liflevhaların iyi bir mekanik özellik sergilediği belirtilmektedir (Tomak ve Yıldız, 2010).

1.3.4. Termal modifikasyon

Isıl işlem bir termal modifikasyon yöntemi olarak ele alınarak, odunun 100-250 °C sıcaklıkları arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi olarak anlaşılmaktadır.

Oduna ısı uygulanması sonucunda odunun yapısında bozulma ve kimyasal değişim meydana gelmektedir. Isı uygulama işlemi kontrollü bir şekilde gerçekleştirildiğinde odunun bazı özelliklerinin iyileştirilmesi mümkün olmaktadır (Hill, 2006).

1. Odunun rutubet alışverişini azaltmak, yani oduna boyut stabilizasyonu kazandırmak
2. Odun tahrip edici organizmalara karşı odunun biyolojik direncini arttırmak
3. Odunda denge rutubeti miktarını düşürmek, permabiliteyi arttırmaktır. Ayrıca üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmek de mümkündür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yüksek performans özelliklerine sahip ve pahalı olan kompozit malzemelerin üretilmesi gün geçtikçe azalan orman kaynaklarımızın daha verimli bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Buna istinaden kompozit malzemelere ve üretimin yapıldığı hammaddelere çeşitli uygulamalar yapılarak iyi performans sergileyen ürünler elde edilmeye çalışılmaktadır. Bunun için literatürde farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında materyal olarak kullanılan kızılçam odunu ve özellikleri üzerinde yapılan literatürdeki çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Kızılçam odunu % 65 holoselüloz, % 27,5 lignin, % 10 pentozan ve % 0,5 kül ihtiva etmektedir. Eterde % 4,59-5,46, alkol-benzende % 5,04-9,27, sıcak suda % 2,10-3,65 ve % 1'lik NaOH'de % 8,40-17,04 oranında çözünmektedir (Erten ve Önal, 2001).

Hafızoğlu ve Usta (2005) tarafından kızılçamın selüloz oranı öz odunda % 52,6, diri odunda % 57,9, alfa-selüloz oranı öz odunda % 45,2, diri odunda % 50,2 ve lignin oranı öz odunda % 28, diri odunda % 29 olarak bulunmuştur. Ayrıca soğuk su, sıcak su, alkol-benzen ve % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri sırasıyla öz odun ve diri odun için % 3,1-2,4, % 6,5-5,1, % 7,6-5,7 ve % 10,2-9,1 olarak tespit edilmiştir.

Kızılçamın kimyasal özelliklerinin belirlendiği bir diğer çalışmada da basınç ve normal odunun kimyasal özellikleri üzerinde elde edilen değerler sunulmuştur. Basınç odununda normal oduna göre holoselüloz ve α -selüloz oranları azalırken lignin, sıcak su, soğuk su ve alkol çözünürlükleri artmıştır. Holoselüloz değeri basınç odununda % 70,9 normal odunda % 72,5, α -selüloz oranı basınç odununda % 43,1 normal odunda ise % 46,5 tespit edilmiştir. Diğer önemli bir ana bileşen olan lignin miktarı ise sırasıyla % 33 ve % 27,3 olarak bulunmuştur. Sıcak su çözünürlüğü basınç odununda % 4,3 normal odunda % 3,28, soğuk su

çözünürlüğü basınç odununda % 3,03 normal odunda % 2,57, alkol çözünürlüğü, %1'lik NaOH çözünürlüğü ve kül miktarı basınç odununda sırasıyla % 2,58, % 13,1 ve % 0,41, normal odunda ise % 2,32, % 12,6 ve % 0,35 olarak belirlenmiştir (Kılıç vd., 2010).

Kızılçamın fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelendiği araştırmada ise, hava kurusu özgül ağırlığın $0,56 \text{ g/cm}^3$, tam kuru özgül ağırlığın $0,50 \text{ g/cm}^3$, hacim ağırlık değerinin $0,44 \text{ g/cm}^3$, radyal daralmanın % 3,9, teğet daralmanın % 7,1, elastikiyet modülünün 87320 kp/cm^2 , eğilme direncinin $601,3 \text{ kp/cm}^2$, basınç direncinin $449,2 \text{ kp/cm}^2$, çekme direncinin $32,3 \text{ kp/cm}^2$, dinamik eğilme direncinin $0,56 \text{ kp/cm}^2$, sertliğin enine kesitte $4,73 \text{ kp/mm}^2$, radyal kesitte 3 kp/mm^2 ve teğet kesitte $3,40 \text{ kp/mm}^2$ olduğu belirlenmiştir (Bozkurt vd.,1993).

Öktem vd. (1993)'de kızılçam odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, tam kuru özgül ağırlığı $0,50 \text{ g/cm}^3$, hava kurusu özgül ağırlığı $0,54 \text{ g/cm}^3$, hacim ağırlığı $0,44 \text{ g/cm}^3$, hacimsel daralma miktarı % 10,2, hacimsel şişme % 12,6, liflere paralel basınç direnci $398,3 \text{ kp/cm}^2$, liflere paralel çekme direnci 467 kp/cm^2 , liflere paralel yönde makaslama direnci 73 kp/cm^2 , liflere dik Janka sertlik değeri 253 kp/cm^2 ve liflere paralel Janka sertlik değerini 367 kp/cm^2 olarak bulmuşlardır.

Ay (1996), kızılçam odununda basınç direnci değerinin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada, Alanya yöresinden alınan örneklerin basınç direncini $522,4 \text{ kp/cm}^2$, Maraş yöresinden alınan örneklerin basınç direncini $454,3 \text{ kp/cm}^2$ olarak bulmuştur. Bu sonuçlar itibariyle yetiştirme yerinin bir etken olabileceği düşünülmüştür.

Kızılçam yetiştirme yerinin mekanik özellikler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, liflere paralel basınç direnci değerlerinin ve eğilme direnci değerlerinin yetiştirme yerlerine göre değiştiği belirlenmiştir (Bektaş, 2003).

Kızılçam odunu ve Rusya'dan ithal edilen huş odunları tek başlarına ve bunun yanı sıra farklı oranlarda karıştırılarak yongalevhalar üretilmiştir. Bunun sonucunda; en iyi özellikler sadece kızılçam kullanılarak üretilen yongalevhalarından elde edilmiştir. Huş odunu ve kızılçam odunu karışımlarında ise; huş odunu oranı arttıkça şişme, eğilme ve vida tutma direnci kötüleşirken, yüzeye dik çekme direncinde artış olmuştur (Göker vd.,1993).

Ağaç kökenli kompozit malzemelerin ve bunların üretiminde kullanılan hammaddelerin özelliklerini iyileştirmek için yapılan çalışmalar şu şekilde sıralanmıştır.

Odunun fiziksel özelliklerini iyileştiren işlemler ve mekanik özellikleri üzerine olan etkisi üzerinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Ağaç malzeme, misel yapısından dolayı çok geniş bir iç yüzey alana ve selülozun hidroskopik olan hidroksil grupları nedeniyle, yüksek derecede su absorbe etme gücüne sahip olmaktadır. Su alıp verme sonucunda farklı yönlerde çalışmalar meydana gelmekte ve odunun kullanıldığı yerlerde sakıncalar oluşturmaktadır. Ağaç malzemenin çalışması ile oluşan bu sakıncalı kusurların önlenmesi için ön işlemlerin uygulandığı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (As vd., 1999).

Carbowax olarak bilinen PEG (Polietilen glikol) ile ağaç malzemeye 21°C'den 60 °C'ye kadar değişen sıcaklıklarda ön işlem uygulanmıştır. Yeterince kimyasal madde alımı için gerekli süre, odunun kalınlığına ve özgül ağırlığına bağlı olmaktadır. Ağaç malzemeyi bu madde ile ön işleme tabi tutmak suretiyle kurutma esnasında yüzeyde meydana gelen çatlamlar önlenmektedir. PEG arkeolojik değeri olan ağaç malzemedede de kullanılmaktadır (As vd., 1999).

Çay atıklarından yapılan bir yongalevha da mekanik testlerden iyi sonuçlar alınırken, su alma ve kalınlığına şişme değerlerinden olumsuz sonuçlar alınmıştır. Olumsuzlukları gidermek amacıyla bu çalışmada da boyutsal stabilizasyonu arttırıcı çalışmalara gereksinim olduğu belirtilmiştir (Yalınkılıç vd., 1998).

Khedari vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, tropik meyve kabuklarının yongalevha endüstrisinde kullanılabilirliği incelenmiş, ancak üretilen yongalevhaların düşük mekanik özellikler vermesi nedeniyle kimyasallarla ön işlem uygulamasına gerek duyulduğu bildirilmiştir.

Güntekin vd. (2009)'de asma (*Vitis vinifera* L.) budama atıklarından elde edilen yongalara soğuk su, % 1'lik NaOH, % 1'lik CH₃COOH ile muameleyle 24 saat bekletme ön işlemlerine tabi tutularak yongalevha üretiminde kullanmışlardır. Levhalar laboratuvar ortamında tek tabaka, 0,5 g/cm³ yoğunlukta ve % 6, % 8, % 10 oranında üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiştir. Laboratuvar koşullarında üretilen yongalevhaların 24 saat suda bekletme sonucu su alma ve kalınlığına şişme ile eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci ve yüzeye dik çekme dirençleri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, ön işlem uygulamalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde herhangi bir etkisi bulunmazken, eğilme dirençlerinde % 40 oranında artış göstermiştir. %1'lik CH₃COOH ve suda bekletme uygulamaları yüzeye dik çekme dirençlerini sırasıyla % 60 ve % 20 oranında arttırırken, % 1'lik sodyum hidroksid'te bekleme sonucunda yüzeye dik çekme direnci üzerine herhangi bir etki görülmemiştir. %1'lik CH₃COOH ve soğuk suda bekletme ile kontrol grubu su alma değerleri arasında herhangi bir fark bulunmazken, % 1'lik NaOH de bekletme sonucu su alma değerleri yaklaşık olarak % 10 oranında artmıştır. Uygulanan ön işlemlerden su ve CH₃COOH kullanılan yonga miktarlarındaki OH gruplarının oranının arttırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte yapışma direncinin arttığı da gözlenmiştir. NaOH'in lif yüzeylerinde pürüzlülüğü arttırarak tutkalın daha iyi yapışmasını sağladığı görülmüştür.

Ndazi vd. (2006)'de pirinç kabuklarından kompozit paneller üretmişlerdir. Üretim aşamasından önce pirinç kabuklarına 100-140 °C sıcaklıklarda ve 2-2,4 bar basınçta 1 saat buhar uygulaması yapılmıştır. Bu şekilde pirinç kabukları üzerindeki uçucu yağ bileşenleri ekstrakte edilmiştir. Bunun yanısıra pirinç kabuklarına % 2, % 4, % 6 ve % 8 NaOH derişimleriyle muamele gerçekleştirilmiştir. Muameleler sonucunda elde edilen ED değerleri 24,1 ± 1,33

MPa, EM değerleri 2.76 ± 0.28 GPa olup TS EN 312 tarafından belirlenen minimum değerler üzerindedir. TS EN 312'nin belirlediği minimum değerler ise ED için 14 MPa, EM için 2,1 GPa dır. NaOH oranları % 6'dan % 8'e geçtiğinde hücre çeperi bileşenlerinde kimyasal bir bozulma oluştuğundan, ED ve EM değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Buhar muamelesiyle üretilen kompozit panellerde ara yüzeyler arasındaki yapışmalar geliştiğinden kısmen parçacıklar daha iyi bir şekilde yapışmaktadır. Bunun sonucundada EM ve ED değerlerinde bir artış gözlenmiştir.

Bir başka çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yongalarına soğuk su ve sıcak su uygulamasıyla % 1 ve % 0,5'lik NaOH, % 1 ve % 0,5'lik sülfürik asit ile kimyasal ön işlem uygulaması yapılmıştır. Kimyasal ön işleme tabi tutulan yongalar iyice suyla yıkandıktan sonra kurutma dolabında $102 \pm 5^\circ\text{C}$ sıcaklıkta % 3 rutubete ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra yongalar kuru ağırlıklarının % 10'u oranında Üre-Formaldehit tutkalı ile karıştırılarak $150 \pm 5^\circ\text{C}$ 'deki sıcak prese taşınarak 2,5-3 N/mm² basınç altında 6 dakika bekletilmiş ve 12 mm kalınlıkta ve 0,6 g/cm³ yoğunlukta yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen levhalardan TSE EN standartlarına uygun örnekler kesilmiştir. Bu örneklere uygulanan analizler sonucunda kimyasal ön işlemlerin levhalar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmuştur. Yapılan tüm kimyasal ön işlemlerin yongalevhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerini arttırdığı görülmüştür. Eğilme dirençleri ve elastikiyet modülleri karşılaştırıldığında % 1'lik NaOH ile yapılan kimyasal ön işlemin levhaların eğilme direncini ve elastikiyet modüllerini yaklaşık olarak iki katına çıkardığı görülmüştür. Yüzeye dik çekme direnç değerlerinde de uygulanan kimyasal ön işlemlerle birlikte bir artış görülmüştür. Yüzeye dik çekme değerleri karşılaştırıldığında % 0,5'lik NaOH ile yapılan kimyasal ön işlemin levhaların yüzeye dik çekme dirençlerini iki katına çıkardığı görülmüştür. % 1'lik NaOH ile muamele levhaların su alma değerlerini yaklaşık % 50 oranında arttırmıştır. % 1'lik NaOH uygulaması dışında kimyasal ön işlemlerin yongalevhaların su alma değerlerine etkisi yoktur. Yapılan ön işlemlerin levhaların kalınlığına şişme değerleri üzerine etkileri karşılaştırıldığında % 1'lik NaOH ile muamelede

kalınlığına şişme değerleri kontrol grubuna göre % 60 artarken, diğer kimyasal ön işlemlerde ise azalmıştır. % 0,5'lik NaOH ile muamelede levhaların kalınlığına şişme değerleri kontrol grubuna göre yaklaşık % 60 oranında azalmıştır (Güntekin, 2012).

Zheng vd. (2007)'de salina jose cinsli uzun buğday iminden ürettikleri yongalevhaların karakteristik özelliklerini ve NaOH ile muamelenin etkilerini belirlemişlerdir. alışmalarında ilk olarak PDMI tutkalını sırasıyla % 4 ve % 8 oranında kullanarak 0,71, 0,72, 0,73, 0,74 ve 0,75 g/cm³ yoğunluklarda levhalar üretmişlerdir. Birinci aşamada % 4 PDMI ile 0,73 g/cm³ yoğunlukta levhalar üretilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İkinci aşamada ise % 2, % 4, % 6, % 8 ve % 10 oranlarındaki farklı rutubetlerdeki yonga parçacıklarından % 4 PDMI ile 0,73 g/cm³ yoğunlukta levhalar üretilmiş ve % 8 rutubette verimli sonuçlar elde edilmiştir. nc aşamada 10 ml olan 50 °C deki destile su ve 1g NaOH ile hazırlanmış çözelti içerisinde yonga parçacıkları 30 dakika bekletilerek muamele edilmiş ve sonrasında % 8 rutubete kadar kurutulmuştur. Elde edilen yonga parçacıklarıyla % 4 PDMI ve % 7 UF oranlarındaki tutkallarla 0.73 g/cm³ yoğunlukta levhalar, PDMI tutkalı için 2 MPa basınç, 140 °C sıcaklık ve 8 dakika pres, UF tutkalı için 2 MPa basınç, 160 °C sıcaklık ve 4 dakika pres uygulaması gerçekleştirilerek üretilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirildiğinde, su alma ve kalınlığına şişme değerleri muamele edilmemiş levhalara göre yaklaşık iki kat artış göstermiştir. Eğilme direnci değerleri PDMI tutkalında muamele edilmiş ve edilmemiş olarak sırasıyla 18,9 MPa ve 18,1 MPa olup muamele işlemi daha iyi sonuçlar verirken UF tutkalında tersi söz konusu olup sırasıyla 4,4 MPa ve 6,1 MPa olarak bulunmuştur. Elastikiyet modülünde ise değerler sırasıyla PDMI için, 1720,8 MPa ve 2291,3 MPa, UF için, 1256,6 MPa ve 1312,9 MPa olup muamele işlemi düşük değerler sergilemiştir. Yüzeye dik çekme direncinde ise, PDMI için 0,61 MPa ve 0,62 MPa iken, UF için 0,13 MPa, 0,13 MPa olup bir değişiklik gözlenmemiştir.

Mantanis ve Berns (2002)'de yaptıkları çalışmalarında yongalanmış buğday saplarını 2 mesh'ten daha büyük eleklerden geçirerek yonga parçacıklarını ilk olarak sodyum hidroksidle, ikinci aşamada borik asit ve saf su ile kimyasal ön işleme tabi tutmuşlardır. Ön işlem uygulanmış yongalar, 6 bar basınçta rafinörde liflendirilmiş ve sonra 80°C'de 30 saniye ön buharlama uygulanmıştır. Lifler kurutulmuş ve kurutulmuş lifler % 13 UF tutkalı ile karıştırılarak 195 °C pres sıcaklığında 252 N/cm² basınçta 16 mm kalınlığında 675-725 kg/m³ yoğunluklarda levhalar üretilmiştir. Üretilen levhalar standartlara göre değerlendirilmiştir. MDF Avrupa 622-5 standardı ve MDF ANSI A208.2-1994 standartlarına göre 730 kg/m³ yoğunluklara kadar ikisindedeki çok fazla farklılık göstermeyip ED değeri 25 N/mm², EM değeri ise 3000 N/mm² şeklinde elde edilmiştir. YDÇD değeri ise EN'ye göre 0,55 N/mm², ANSI'ye göre 0,65 N/mm² olarak saptanmıştır. Buğday saplarından elde edilen lifler % 0,2 ve % 0,5 oranlarında NaOH ile muamele edilmiştir. Bu oranlarda üretilen levhaların özelliklerinde çok fazla farklılık görülmemiştir. 675 kg/m³ yoğunluklardaki levhaların yaklaşık olarak ED değerleri 18 N/mm², EM değerleri 2300 N/mm² olup standartın altında kalmış, YDÇD değerleri 0,55 N/mm² değerle EN'ye göre uygun olmuştur. SA değerleri ise % 15-20 arasında yer almıştır. İkinci aşamada borik asit ve sodyum hidroksit karışımıyla yapılan muamelelerde 675 kg/m³ yoğunluklardaki levhalarda ED, EM, YDÇD ve SA değerleri sırasıyla 20,8 N/mm², 3210 N/mm², 0,65 N/mm² ve % 35,5'tir. 725 kg/m³ yoğunluklardaki levhalarda ise sırasıyla 25,7 N/mm², 3640 N/mm², 0,82 N/mm² ve % 24,2 şeklinde bulunmuştur. Mekanik değerlerde daha iyi sonuçlar elde edilmekle birlikte, su almada artış kaydedilmiştir. Saf su ile muamele edilerek üretilen 675 kg/m³ yoğunluklu levhalarda ED, EM, YDÇD ve SA değerleri sırasıyla 21,3 N/mm², 3110N/mm², 0,66 N/mm² ve % 27 dir. 725 kg/m³ yoğunluklu levhalarda ise sırasıyla 23,8 N/mm², 3580 N/mm², 0,74 N/mm² ve % 15 olarak tespit edilmiştir. Saf su ile muamelelerde mekanik değerlerde birbirine yakın sonuçlar elde edilirken, SA'da düşüş kaydedilmiştir. Sonuç olarak yoğunluk artımıyla birlikte standartlara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Çam (*Pinus roxburghii*), göknar (*Abies pindrow*), mango (*Mangriferra indica*) ve gurjan (*Dipterocarpus gritfitthi*) örnekleri 93 °C'de 0-6 saat arasında tioasetik asit ile muamele edilmiştir. Eğilme direnci, basınç direnci ve odun yoğunluğu 3 saatlik bir muameleden sonra maksimum olmuştur. Daha fazla muamele ile direnç değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Agarwal vd.,1995).

Li vd. (2011)'de yaptıkları çalışmalarında pirinç saplarından elde edilmiş yonga parçacıklarına ilk aşamada % 0.33 oksalik asitle 100 °C, 120 °C, 140 °C ve 160 °C'de dört farklı sıcaklıkta 5 ve 10 dakikada iki farklı sürede ön işlem uygulamışlardır. İkinci aşamada 160 °C'de kimyasal madde uygulamaksızın 10 dakika ön işlem uygulanmıştır. Üçüncü aşamada ise pirinç saplarından elde edilmiş yonga parçacıklarına basınç uygulanarak 70 °C'de su içerisine serbest bir şekilde bırakılmış ve karıştırılarak 30 dakika bekletilmiş sonrasında ise durulanmıştır. Ön işlem sonrasında oksalik asit, buhar basıncı uygulanmış ve ön işlem uygulanmamış kontrol yonga parçacıkları 103 ± 2 °C sıcaklıktaki fırında % 2-3 rutubete kadar kurutulmuştur. Elde edilen fırın kurusu yonga parçacıkları % 12 oranında UF tutkalı ile karıştırılarak 170 °C pres sıcaklığında ve 8,5 dakika pres süresinde 12,5 mm kalınlığında levhalar üretilmiştir. Üretilen levhalar ASTM D 1037 standartına göre test edilmiştir. YDÇD değerlerinde PC (buhar basıncı uygulanmış) levhalarda % 85,7'lik, oksalik asit uygulanmış levhalarda ise, % 69,3'lük bir artış olmuştur. EM ve ED değerlerinde ise oksalik asit ile muamele edilmiş levhalar hiç muamele görmemiş levhalardan daha yüksek değerlere, buhar basıncı ile muamele edilmiş levhalardan ise daha düşük değerlere sahip olmuştur. Buhar basıncı ile muamele edilmiş levhalarda % 30-32 civarında bir artış oluşurken, oksalik asit ile muamele edilmiş levhalarda 5 dakika muamelelerde % 12-16 civarı bir artış oluşmuştur. 10 dakika muamele görmüş olanlara geçildikçe bu değerler azalış göstermiştir. KŞ ve SA değerleri buhar basıncı muameleli levhalarda sırasıyla % 29 ve % 21 oranlarında azalış, oksalik asitle 5 dakika muamele görmüş levhalarda sırasıyla % 28 ve % 18'lik bir azalış ve 10 dakika muamele görmüş olanlarda artış göstermiştir. Genel olarak buhar basıncı ile muamele oksalik asit ile muamele edilmişlere göre daha iyi bir boyutsal kararlılık sergilemiştir. Sonuç olarak buhar basınçlı levhalar ve

kısa süreli oksalik asitle muamele edilmiş levhaların mekanik özellikler bakımından önemli gelişmeler gözlemlenmiştir. Özellikle YDÇD değerlerinde buhar basınçlı levhalar diğerlerine göre çok daha iyi sonuçlar göstermiştir. Oksalik asitle muamelede sürenin arttırılması olumsuzluk göstermiştir. Farklı sıcaklıklarda uygulamalar oksalik asitle uygulamada çok önem arz etmemiştir.

Abdul Khalil vd. (2007)'de yaptıkları çalışmada, lifleri kimyasal maddelerle muamele ederek kompozit malzemeler elde etmişlerdir. İlk etapta fırında kurutulmuş lifler, asetik ve propiyonik anhidritle ekstrakte edilmiş ve 100 °C'de yağ banyosu içerisine konulmuştur. Yağ banyosundan çıkarılan lifler kimyasal maddelerden arındırılmak üzere 3 saat boyunca aseton ile yıkanmış ve fırın kurusu hale getirilmiştir. Kimyasal maddeler ile modifiye edilmiş liflerden % 7 oranında fenol formaldehit tutkalı kullanılarak 150 °C sıcaklıkta 5 dakika basınç uygulanarak 5 mm kalınlıkta 0,7 g/cm³ yoğunlukta kompozit malzeme üretilmiştir. Üretilen levhalar üzerinde fiziksel ve mekanik deneylerle değerlendirmeler yapılmış olup modifiye edilmiş örneklerin, modifiye edilmemiş örneklere göre mekanik özellikleri ve su alma değerleri artış göstermiştir.

Dönmez ve Kalaycıoğlu (2004)'daki çalışmalarında tutkallama makinesinde tutkallama öncesi biyolojik zararlılar ve yangına karşı korunmak için % 0,5 ve % 1 oranlarında borik asit ve boraks püskürtülen kavak yongalarından, 150°C sıcaklıkta, 5 dakika (pres kapandıktan sonra), 24-27 kp/cm² basınç uygulayarak dış tabakalar levha kalınlığının % 35'ini, orta tabaka ise % 65'ini oluşturacak şekilde üç tabakalı 0,65 g/cm³ yoğunlukta yongalevhalar üretmişlerdir. Üretilen levhalar standartlara uygun olarak test edilmiş, borik asit ve boraks kullanımının, fiziksel ve mekanik özelliklerin üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. En iyi kalınlık artımı sonuçları kontrol ve % 0,5 borik asit kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir. Bunu % 0,5'lik boraks kullanılarak üretilen levhalar izlemiştir. % 1'lik borik asit kullanılarak üretilen levhalar ise en kötü sonucu vermiştir. Emprenye maddesi kullanım oranı arttıkça levhanın kalınlık artımı değerlerinde bir artış gerçekleşmiştir. TS EN

312-2'de eğilme direnci 11,5 N/mm² olarak verilmiştir. Kontrol ve boraks kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci değerleri standarttan üstün sonuçlar vermiştir. Bu durumda boraks kullanılarak üretilen levhaların "Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Levhaların" kullanım yerleri için uygun olduğu ortaya konmuştur. Eğilmede elastikiyet modülünde boraks kullanılarak üretilmiş levhalar en iyi değerleri vermişlerdir. Borik asit ile üretilen levhalarda denemeler başarısız olmuştur. TS EN 312-2'de yüzeye dik çekme direnci 0,24 N/mm² olarak verilmiştir. Kontrol ve % 0,5 boraks kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri standarttan üstün sonuçlar vermiştir. Fakat %1 boraks kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değeri 0,21 N/mm² olduğundan bu şartı sağlayamamıştır.

Var vd. (2002)'de endüstriyel odun yongaları, üre-formaldehit ve çeşitli emprenye maddeleri kullanarak emprenye maddelerinin yongalevhanın ED, EM ve YDÇD üzerine etkilerini belirlemek istemişlerdir. Üre-formaldehid tam kuru yonga ağırlığına oranla, diğer kimyasal maddeler ise tam kuru tutkal ağırlığına oranla uygulanmıştır. Tutkal püskürtme makinasında emprenye edilen yongalar tutkalandıktan sonra, bu yongalar 150°C sıcaklık ve 25-28 kp/cm² basınçta preslenerek levhalar üretilmiştir. Üretilen levhalarda emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça kontrole göre, ED % 2,01 -34,93, EM % 2,67-49,18 ve YDÇD % 0,50-42,13 arasında artmıştır. Bu artış, ED ve EM için kolofan, alkid reçinesi, immersol-WR'li levhalarda önemsizken diğerlerinde önemli, YDÇD için ise borik asit/boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC/borik asit/borakslı levhalarda anlamsızken diğerlerinde anlamlı bulunmuştur. Buna göre, emprenye maddelerinin levhanın mekanik özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Bu iyileşme, koruyucu maddelerin levhanın yoğunluğunu artırması veya yongaları yumuşatması veya plastikleştirilmesi ya da yumuşayan yongaların daha fazla tutkal emmiş olması nedeniyle yongalevha taslağının sıcak preste daha fazla sıkışmasından ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Odun ve odun kökenli kompozit ürünlerde uygulanan çeşitli işlemlerin malzemelerde renk değişikliğine sebep olduğunu ortaya koyan araştırmalar

literatürde yer almaktadır (Temiz vd., 2005; Johansson ve Moren, 2006; Sundquist vd., 2006; De Menezzi, 2008; Ghosh vd., 2009; Çavdar vd., 2010). Söz konusu renk değişimi L^* (parlaklık / koyuluk), a^* kırmızılık (+) / yeşillik (-) ve b^* sarılık (+) / mavilik (-), ayrıca C^* (metrik renk), h^* (metrik renk açısı) ve ΔE^* (renk farklılaşması) parametreleri ile ifade edilmiştir (Hunt, 1995).

Odun ve odun türevli ürünlerin FTIR spektroskopisinde OH gruplarının fonksiyonları yapılan çalışmalarla değerlendirilmiştir.

Yaşar vd. (2010)'de yaptıkları çalışmalarında asma sapı yongalarına % 1 CH_3COOH , soğuk su ve % 1 NaOH ile ön işlem uygulamışlar ve uygulanan ön işlemler sonucunda OH gruplarında artış belirlemişlerdir. Kontrol, % 1 CH_3COOH , soğuk su ve % 1 NaOH uygulamalarının FTIR spektrumlarındaki OH pik değerleri sırasıyla 1.132, 1.173, 1.181 ve 1.202 şeklindedir. Kimyasal ön işlem uygulamasıyla birlikte oluşan OH değerlerindeki artış fiziksel ve mekanik değerlerde de artış göstermiştir.

Ağaç malzemenin termal stabilitesini belirlemek amacıyla Termogravimetrik Analiz (TGA) yöntemi kullanılmış ve bununla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Tutuş vd. (2010)'da yaptıkları çalışmalarında sarıçam odununun termal özelliklerini inceleyip odununu ve odun bileşenlerinin bozunmalarının 300-500 °C'de gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Termogramlar ise, üç ana bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Birinci bölge 100 °C altında olup malzemedeki bulunan rutubetin uzaklaşmaya başlaması olarak ifade edilebilir. İkinci bölgede ise odun bileşenlerinin bozunması söz konusu olup 150-500 °C arasında gerçekleşmiştir. 500-800 °C arasında karbonizasyon gerçekleşmiştir. Sarıçam odununu bozunma sıcaklığı 360 °C'de gerçekleşirken, bozunmadan kalan kısım % 13,59'dur. Odun bileşenleri selüloz, holoselüloz ve ligninde ise sırasıyla bozunma sıcaklıkları 340 °C, 310 °C ve 360 °C'de gerçekleşmiş ve kalan kısımlar % 20,68, % 13,82 ve % 55,74 olarak belirlenmiştir.

Kavak odunu, selüloz, 70 °C'de etil alkol ile kavak odununun ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstrakt, 30°C'de etil alkol ile kavak odununun ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstrakt ve kavak odununun etil alkol ile soxhlet ekstraktının TGA termogram değerleri incelenmiştir. Başlangıç parçalanma sıcaklıkları sırasıyla, 206,7 °C, 201,8 °C, 156,5 °C, 139,8 °C ve 121,7 °C iken son parçalanma sıcaklıkları 490,5 °C, 525,8 °C, 800 °C, 750 °C ve 800 °C dir. Her iki parçalanma sonucunda oluşan toplam ağırlık kayıpları ise sırasıyla % 92,76, % 92,27, % 98,5, % 99,8 ve % 82,52 dir (Gürkahraman ve Pehlivan, 1999).

Taşar vd. (2011)'de yaptıkları çalışmalarında meşe, çam ve kayın odunlarının üretim endüstrileri sonucu açığa çıkan farklı partikül boyutlarındaki toz atıklarının termogravimetrik analiz cihazı kullanarak yapılarındaki bozunma sıcaklık değerlerini belirlemişlerdir. TGA diyagramları incelendiğinde eğimleri farklı üç ağırlık kaybı bölgesi olduğu görülmüştür. Birinci bölge nem ve uçuculuğu yüksek maddelerin ayrıldığı, yaklaşık olarak 303 °C'de başlayıp 363 °C'de tamamlanan basamaktır. TGA eğrisi üzerinde ağırlık kaybının belirgin olarak görüldüğü ikinci bölge, hemiselüloz ve selülozun bozunmasını karakterize etmektedir. Bu bölge çalışmadaki odun türleri için 523 °C'de başlayıp 653 °C'ye kadar sürmektedir. Daha yavaş ağırlık kaybının görüldüğü üçüncü bölge ise, numunedeki ligninin termal bozunma bölgesi olarak tespit edilmiş olup başlama ve bitiş sıcaklıkları sırasıyla 653 °C ve 743 °C olarak belirlenmiştir.

Guo vd. (2004)'de yaptıkları bir çalışmada farklı sıcaklıklarda odun ununun TGA termogramlarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar düşük sıcaklıklarda odun unundan uzaklaşan uçucu bileşenlerin olabileceği sonucuna varmışlardır. Ayrıca bu sonucun uçucu bileşenlerin miktarlarının belirlenmesinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Sert odunlardan kayın, kızılğaç, huş, meşe ve yumuşak odunlardan duglas göknarı, iki çam türü olan sekoya ve ladin odunları kullanılarak

termogravmetrik analizleri incelenmiştir. Yumuşak ve sert odunların karşılaştırmaları yapıldığında yumuşak odunlarda ayrışma düşük sıcaklıklarda başlamaktadır. Sert odunlar için başlangıç sıcaklıkları 506-513°C bozunma sıcaklıkları 611-626 °C dir. Yumuşak odunlarda ise, başlangıç sıcaklıkları 523-533 °C, bozunma sıcaklıkları 607-631 °C dir (Gronli vd., 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada yongalevha üretimi için kullanılan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu yongaları ve Üre formaldehit tutkalı Orma A.Ş./Isparta'dan temin edilmiştir.

Üre formaldehit tutkalının çözeltileri alınan firma tarafından hazırlanmış olup levha üretimi için uygulanmaları ise firmadan alınan bilgiler doğrultusunda yapılmıştır. Kullanılan üre formaldehit tutkalının özellikleri aşağıda çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	UF
Çözelti (%)	65 ± 1
Yoğunluk (g/cm ³)	1.27 - 1.29
PH (25°C)	7,5 -8,5
Viskozite, D ₄₀ /cPs 25°	150 - 200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	25 - 30
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	20 - 30
Serbest CH ₂ O (Maks.) %	0,19

Üre formaldehit tutkalı için sertleştirici madde olarak ise, % 20 lik ticari adı herter olan yine Orma A.Ş./Isparta'dan temin edilen amonyum klorür çözeltisi kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yongalevhaların üretimi

Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında, kızılçam yongaları 25 L' lik 5 ayrı kap içerisinde %1, % 2, % 3, % 4 ve % 5'lik NaOH (sodyum hidroksid) çözeltileri ile muamele edilmiştir. Her bir kap içerisine 2700 g yonga ilave edilmiş ve aralıklarla karıştırarak 24 saat bekletilmiştir. Kızılçam yongaları muameleden sonra eleklerle süzülerek çözeltiden ayrılmış ve bol su ile yıkanmıştır. Yıkanan yongalar ilk etapta açık havada kurutulmuş, belirli bir süre sonra ise kurutma fırınlarına alınmış ve 103 ± 2 °C sıcaklıkta % 3 rutubete ulaşınca kadar bekletilmiştir.

Levha üretiminde, yongalar kuru ağırlıklarının % 10'u oranında Üre-Formaldehit tutkalı ile karıştırılmıştır. Sertleştirici olarak tutkala % 10 Amonyum klorür çözeltisi eklenmiştir. Kontrol yongası ile % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5' lik NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalar ile her bir üretim şartından üçer adet olmak üzere $0,65 \text{ g/cm}^3$ yoğunlukta toplam 18 adet levha üretilmiştir.

Yongalevhaların tutkallanmasında ise dört kaşıklı silindir tutkallama makinesi kullanılmıştır. Tutkallama makinesinin içerisine fırın kurusu yongalar üretilecek levhanın yoğunluğuna göre tartılarak konulmuş ve bu miktarın oranına uygun olarak Üre-Formaldehit ve Amonyum klorür çözeltili tutkal karışımı tutkallama makinasıyla homojen bir şekilde püskürtülerek tutkallı yongalar elde edilmiştir. 31 x 35 cm boyutlarında 12mm kalınlığında metal bir çerçeve içine elle homojen olacak şekilde yongalar serilerek levha taslağı hazırlanmıştır. Hazırlanan taslağa sıcak prese girmeden önce soğuk ön pres uygulanmıştır. Bu işlemden sonra üstüne pres sacı konularak sıcak prese götürülmüştür. Levha taslakları laboratuvar tipi 50 x 50 cm plakaları olan elektrik ile ısıtılan preste Çizelge 3.2'de gösterilen şartlarda preslenmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme Levhalarının Üretim Şartları

Pres sıcaklığı (°C)	150 - 155
Pres zamanı (dakika)	5
Pres basıncı(N/mm ²)	2 - 2,5
Kalınlık (mm)	12
Levha boyutları (mm)	310 x 350
Gruplardan üretilen levha miktarı	3

Presleme işlemi sona erdikten sonra metal plakalar arasında bekletilen levhalar daha sonra 20 °C sıcaklık ve % 65 rutubette klimatize edilerek deneme örnekleri hazırlanmıştır.

3.2.2. Fiziksel yöntemler

Üretimi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilen yongalevhaların fiziksel özelliklerinden özgül ağırlık, rutubet miktarı, su alma, kalınlık artımı ve renk ölçümü belirlenmiştir. Bu özelliklere ait değerler standartlarda belirtilen yongalevhaların özellikleriyle karşılaştırılmıştır.

3.2.2.1. Rutubet miktarı

Rutubet miktarının belirlenmesi TS EN 322 (1999)'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Levhaların rutubet miktarı her bir levha grubu için 18 adet olmak üzere standartlara uygun olarak 50 x 50 mm boyutlarında hazırlanan örneklerde belirlenmiştir. Örnekler $\pm 0,01$ g duyarlılıktaki analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra kurutma dolabı ızgaraları üzerine yerleştirilmiş ve 103 ± 2 °C deki etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur.

6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlelerinin 0,01'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir. Daha sonra deney

örnekleri kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 gram duyarlılıkta analitik terazide tartılmıştır.

Buna göre örneklerin rutubet miktarları yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$r = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada,

r: Rutubet yüzdesi (%)

m_1 : Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m_0 : Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)'dir.

3.2.2.2. Yoğunluk

TS EN 323 (1999)'te belirtilen esaslara göre, TS EN 325 (1999)'e göre deney numunelerinin boyutları belirlenmiş ve 50 x 50 mm boyutlarında her bir levhadan altışar tane olmak üzere bir gruptan minimum 18 adet örnek kullanılmıştır. TS EN 326-1 (1999)'e göre deney numunelerinin kesimi yapılmıştır. Kesim işlemi tamamlandıktan sonra tayini için hazırlanan örnekler 103 ± 2 °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Etüvden alınan örneklerin ağırlıkları hassas terazide tartılmış boyutları ise $\pm 0,01$ duyarlılıktaki kumpasla ölçülmüştür. Örneklerin yoğunlukları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\delta = \frac{M_0}{V_0} \quad (3.2)$$

Burada,

δ : Yoğunluk (g/cm^3)

M_0 : Deney örneğinin tam kuru ağırlığı (g)

V_0 : Deney örneğinin tam kuru hacmi (cm^3)'dir.

3.2.2.3. Su alma miktarı

24 saat su içerisinde bekletilen deney örneklerinin su alma miktarının belirlenmesinde TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslardan yararlanılmıştır. Bu esaslara göre, her bir gruptan minimum 18 adet örnek alınmış ve standarda uygun şekilde hazırlanmıştır. Her deney parçasının ağırlığı $\pm 0,01$ g duyarlılıkta analitik terazide tartılmış ve deney örnekleri temiz, pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı $2 \pm 1^\circ\text{C}$ olan suyun içerisinde birbirlerine ve kaba değmeyecek şekilde batırılmıştır. 24 saat sonunda örnekler sudan dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları $\pm 0,01$ g duyarlılıktaki analitik terazide belirlenmiştir. Buna göre su alma miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$S_a = \frac{m_y - m_1}{m_1} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada,

S_a : Deney örneklerinin su alma miktarı (%)

m_y : Deney örneğinin suda bekletilen örnek ağırlığı (g)

m_1 : Deney örneğinin klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)'dir.

3.2.2.4. Kalınlık artımı

24 saat su içerisinde bekletilen deney örneklerinin kalınlık artımlarının belirlenmesinde TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslardan yararlanılmıştır. Bu esaslara göre, her bir gruptan minimum 18 adet örnek hazırlanmış ve standarda uygun şekilde hazırlanan örnekler, TS EN 325 (1999)'e uygun olan mikrometre ile örneğin köşelerinin kesişme noktasından 0,01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Ölçülme işlemi tamamlanan örnekler birbirine ve konulan su kabının tabanına ve kenarlarına dokunmayacak şekilde dikine olarak her yeni deney başlangıcında temiz ve durgun, pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı $20 \pm 1^\circ\text{C}$ olan suyun

içerisinde üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık 25±5 mm'lik aşağıda olacak şekilde su içerisine daldırılmıştır. 24 saat sonunda sudan çıkarılan örnekler fazla sularından arındırılmıştır. İlk aşamada ölçülen ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Her deney parçası için kalınlık artımı yüzde olarak aşağıdaki formül aracılığı ile hesaplanmıştır;

$$K_a = \frac{E_s - E_0}{E_0} \times 100 \quad (3.4)$$

Burada,

Ka: Deney örneklerinin kalınlık artım miktarı (%)

Es: Deney örneğinin su almış haldeki kalınlığı (mm)

Eo: Deney örneğinin tam kuru haldeki kalınlığı (mm)'dir.

3.2.2.5. Renk ölçümü

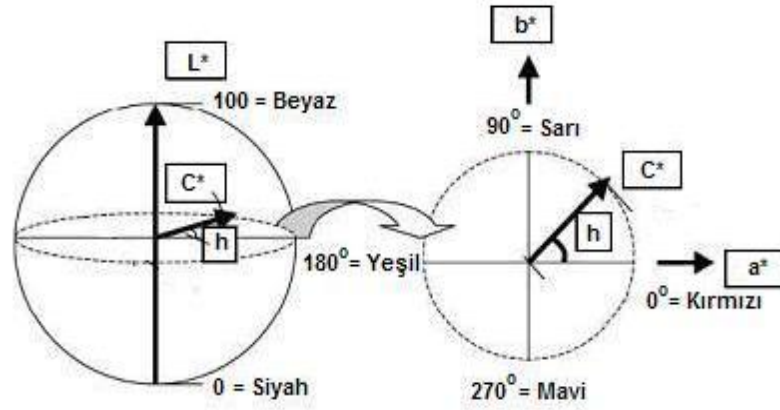
Doğal ve NaOH (sodyum hidroksid) derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarından üretilen yongalevhaların renk ölçümleri MINOLTA CL 400 model Hunter sistem olan cihaz ile CIE lab standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Bu standartta L* parlaklık/koyuluk, a* kırmızılık(+)/yeşillik(-), b* sarılık (+)/mavilik (-) değerlerini ifade etmektedir. Renk değerleri Şekil 3.1'deki (Sudqvist, 2002) CIE lab standardına (Hunt,1995) ait kordinat sistemindeki karşılıklara göre değerlendirilmiştir. Aynı standarda göre C* metrik renk ve h° metrik renk açısı ve ΔE* (renk değişimi) değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır;

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h^0 = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.5)$$

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$



Şekil 3. 1. CIE lab renk alanları ve renk sistemleri (Sudqvist, 2002)

3.2.3. Mekanik yöntemler

Üretilen yongalevhaların eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri SDÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında bulunan üniversal test makinası kullanılarak ölçülmüştür. Yüzeyle dik çekme direnci değerleri ise Orma A.Ş./Isparta laboratuvarında bulunan Zwick üniversal test makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup tüm sonuçlar N/mm^2 olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.1. Eğilme direnci

TS EN 310 (1999)'a göre eğilme direnci deneyleri 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 ayarlanmıştır. Örnekler istenilen boyutlarda kesildikten sonra TS EN 325 (1999)'e uygun olarak kalınlık, köşelerin kesişme noktasından, genişlik ise uzunluğun ortasından mikrometre ile ölçülmüştür. Eğilme direnci aleti olarak ise, TS EN 325 (1999)'e uygun olan alet kullanılmıştır. Yük deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Uygulanan kuvvetin değeri 0,01

hassasiyetle ölçülerek yük deformasyon diyagramı çizilmiştir. Uygulanan en büyük kuvvet % 1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir.

Her bir deney parçasının eğilme dayanımı, en büyük kuvvet “PMaks” anındaki momentin “M” en kesit alanına oranı yoluyla hesaplanmıştır. Buna göre eğilme direnci (F):

$$F = \frac{3PMaks \times L}{2b \times h^2} \quad (3.6)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Burada,

F: Örneğin eğilme direnç değeri (N/mm²)

PMaks: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L: Dayanak açıklığı (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

h: Örnek kalınlığı (mm)'dir.

3.2.3.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede Elastikiyet modülü TS EN 310 (1999)'a göre belirlenmiştir. Eğilme direncindeki aynı örnekler üzerinden ölçme aletiyle eğilme direnci yapılırken eğilme miktarı deney parçasının ortasından 0,01 mm hassasiyette ölçülmüştür. Buna göre eğilmedeki elastikiyet modülü (E):

$$E = \frac{P \times L^3}{4b \times h^3 \times f} \quad (3.7)$$

şeklinde hesaplanmıştır.

Burada,

E: Eğilmedeki elastikiyet modülü (N/mm^2)

P: Elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yük (N)

L: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

h: Örnek kalınlığı (mm)

f: Elastik bölgede P yüküne karşı örnekte meydana gelen deformasyon (mm)'dur.

3.2.3.3. Yüzeye dik çekme direnci

Yüzeye dik çekme deneyleri TS EN 319 (1999)'a göre Zwick marka 3 silindri 4-75 devir/sn hız ayarı olan bir makine kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilen deney parçalarının yüzeye dik yönündeki çekme kuvveti uygulayacak ve uygulanan kuvveti % 1 hassasiyetle ölçecek özelliindedir. Kavrama çeneleri ortasındaki bilyeler yardımıyla otomatik olarak ayarlanmakta ve her iki yüzeye de bağlanmaktadır. Numunelerin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1 (1999)'e uygun olarak yapılmış olup kenar uzunluğu 50 ± 1 mm 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. Ölçme işlemi tamamlandıktan sonra hazır olan örnekler standartlara uygun şekilde alüminyumdan hazırlanmış olan metal aparatlara cyabond tutkalı ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan örnekler 5 dk bekletilmiş, tamamen yapışma gerçekleştirildikten sonra numune deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiştir. Deney parçalarının yüzeye dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilmiştir. Deney parçasının kopmasını sağlayan kuvvet % 1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yüzey alanına oranı yardımı ile yüzeye dik çekme direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır

$$Y_{dc} = \frac{PMaks}{A} (3.8)$$

Burada,

Y_{dc} : Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

$PMaks$: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A : Örneğin enine kesit alanı (mm²)'dir.

Deneme bölgesinin dışında meydana gelen kısmi çatlaklar, tutkallama hattında oluşan çatlaklar veya deney blokları üzerinde meydana gelen çatlaklar değerlendirilmemiş, bu durumda, yeni deney parçaları kullanarak deney yenilenmiştir.

3.2.4. Kimyasal yöntemler

Kontrol yongalarının ve levha üretiminden önce ön işlemlerden elde edilen yongaların herbirinden 200 g alınmış ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere Retsch SK 1 değirmeni ile öğütülmüştür. 40-100 mesh'lik eleklerden geçirilen her bir örneğe ait öğütülmüş materyal ağzı kilitli plastik torbalara aktarılmıştır

3.2.4.1. Ekstraktif madde miktarı tayini

5 g tam kuru maddeye denk gelecek şekilde tartılan öğütülmüş yonga örneği öncelikle 2:1 oranındaki sikloheksan:etanol karışımı ile 6 saat, daha sonra ise etanol ile ekstrakte edilmiştir. Cihazdan alınan örnek öncelikle oda sıcaklığında devamında ise 105 ± 2 °C'lik etüvde kurutulmuş ve ekstraktan arındırılmış madde fırın kurusu odun yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.2. Lignin tayini

Yongaların Lignin Tayinin'de Dill ve arkadaşları (1984)'na ait yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. 0.5 g tam kuru maddeye denk gelecek şekilde tartılan

ekstraktan arındırılmış örnek öncelikle 20 ml % 72'lik H₂SO₄ ile 30 °C'de 2 saat süreyle karıştırılarak hidrolize edilmiş, daha sonra 360 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır, sonrasında P-Selecta otoklavda 120°C'de 30 dakika süreyle bekletilmiş ve süzme işlemi sonucu, klason lignini kalıntı olarak elde edilmiştir. 105±2 °C'de kurutulan klason lignini miktarı, fırın kurusu odun yüzdesi olarak tespit edilmiştir.

3.2.4.3. Holoselüloz tayini

Ekstraktan arındırılmış ve 5 g tam kuru maddeye denk gelecek yonga materyali 160 ml su, 1,5 g NaClO₂ ve 0,5 ml saf asetik asit ilave edilerek bir saat analize devam edilmiştir. Bu işlem bir kez daha tekrar edildikten sonra karışım öncelikle buz parçalarıyla soğutulmuş ve cam krozeden süzölmüştür. Kalıntı sırasıyla aseton ve soğuk saf su ile yıkanarak etüvde 105 ± 2 °C'de kurutulmuştur. Daha sonra tam kuru odun yüzdesi olarak miktar hesabı yapılmıştır (Wise ve Karl, 1962).

3.2.4.4. FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) analizi

Öğütölmüş yonga örnekleri agat mortar yardımıyla odun unu haline getirilmiştir. 10 mg tam kuru maddeye denk gelecek odun unu 1000 mg KBr (potasyum bromür) ile birleştirilip 8 tonluk basınç yardımıyla peletler oluşturulmuş ve peletlerin analizleri FTIR Shimadzu (IR Prestige-21) cihazında gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.5. TGA/DTA (Thermogravimetric/Differential thermal analyzer) analizi

TGA analizleri yaklaşık 5 mg odun unu ile termal bozunma ve kütle kayıpları azot ortamında 10 °C/dk ısıtma hızında Perkin Elmer SII Diomand model termal analiz cihazında yapılmıştır.

3.2.5. İstatistik değerlendirme

Deneyle sonucu elde edilen verilere temel istatistik uygulamalar yapılmış ve temel istatistik sonuçlar elde edilmiştir. Veriler tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve devamında Duncan testi ile değerlendirilmiştir.

Varyans analizinde $p>0,05$ olması durumunda veriler homojen kabul edilip Duncan testi yapılmıştır.

Bir veri kümesini betimleyen iki özellikten biri aritmetik ortalama, diğeri de varyanstır. Karşılaştırılacak olan ortalamalar ikiden fazla olduğunda varyans analizi yapılmaktadır. Bu çalışmada tek yönlü olan basit varyans analizi kullanılmıştır. İkiden çok bağımsız grup verilerinin değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi kullanılmaktadır. Buradaki tek yön ifadesi, grupları birbirinden ayıran tek özellik olduğu ya da grupların tek değişkeninin değerleri ile ayrıldığı anlamına gelmektedir (şenocak, 2006).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada üretilen deneme levhalarından alınan örneklerin ortalama değerleri hesaplanmış ve NaOH (sodyum hidroksid) ile farklı derişimlerde muamelenin levha özellikleri üzerine etkisini incelemek için varyans analizi (Anova testi) yapılmış, önemli bulunan sonuçlara ise Duncan testi uygulanmıştır. Varyans analizi bir değişken üzerinde bir ya da birden çok faktörün etkisini araştırmak üzere yapılan bir analizdir. Faktör sayısı tek ise basit varyans analizi, faktör sayısı iki veya ikiden fazla ise çoklu varyans analizi uygulanmaktadır. Çalışma içerisinde ise tek faktör olan NaOH derişimlerinin etkisi araştırılmak üzere basit varyans analizi uygulanmıştır.

4.1. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele edilmiş Yongalardan Üretilen Levhalara Ait Fiziksel Bulgular

4.1.1. Özgül ağırlık

%1, 2, 3, 4 ve 5 derişimlerinde NaOH (Sodyum hidroksid) ile muamele edilmiş yongalardan üretilen levhalarla kontrol levhasının özgül ağırlık testi sonucunda elde edilen aritmetik ortalamaların kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlıklarına ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi (df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	0,049	5	0,010	3,424**	0,007
Gruplar içi	0,291	102	0,003		
Toplam	0,340	107			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

Anova testi sonucunda $P < 0.01$ değerinde farklı derişimlerde üretilen levha grupları ($F=3,424$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Bu da NaOH derişimi değiştğinde özgül ağırlık değerinin değiştğini göstermiştir.

Anova testi uygulamasından sonra farklılaşmanın oluşmasıyla homojen grupların tespit edilmesi için Duncan testinden yararlanılmıştır. Levha grupları arasındaki etkileşimler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

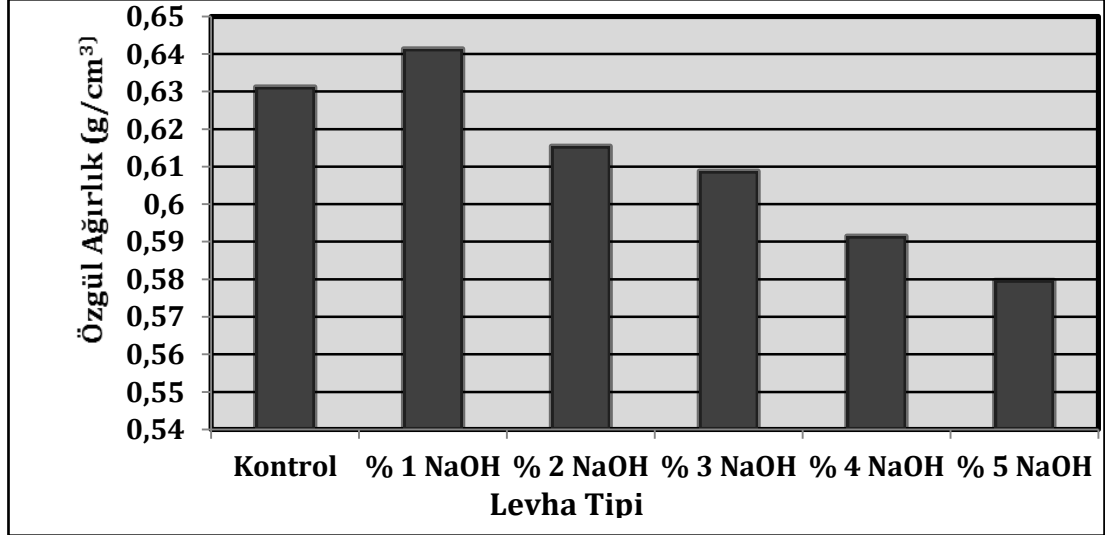
Örneklere ait özgül ağırlık levha gruplarının Duncan testi sonuçlarına göre aritmetik ortalamalar açısından, % 5, % 4, % 3, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhaların ve % 1, % 2, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ile kontrol levhasının farklı iki homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlıklarına ait Duncan testi sonuçları

	N	1	2
% 5 NaOH Levha	18	0,580	
% 4 NaOH Levha	18	0,592	
% 3 NaOH Levha	18	0,609	0,609
% 2 NaOH Levha	18	0,615	0,615
Kontrol Levha	18		0,631
% 1 NaOH Levha	18		0,641
Olasılık		0,069	0,098

Levhaların ortalama özgül ağırlık değerleri ise Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Buna göre ortalama özgül ağırlık sırasıyla kontrol levhalarında $0,631 \text{ g/cm}^3$, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda $0,641 \text{ g/cm}^3$, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda $0,615 \text{ g/cm}^3$, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda $0,609 \text{ g/cm}^3$, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda $0,592 \text{ g/cm}^3$, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda $0,580 \text{ g/cm}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Bu

verilere göre en ağır levha, % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalarla elde edilirken en hafif levha ise % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongalardan elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların özgül ağırlık değerleri

4.1.2. Rutubet

Farklı derişimlerde NaOH ile muamele edilmiş kızılçam yongalarından yapılan levhaların ve kontrol levhasının rutubet testi sonucunda elde edilen veriler basit varyans analizi (Anova testi) açısından değerlendirilmiş ve Çizelge 4.3'de ifade edilmiştir.

Anova testinde $P < 0.05$ değerinde üretilen levha grupları ($F=2,924$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Sonuç olarak farklı derişimlerde NaOH kullanımı rutubet değerlerini etkilemiştir.

Çizelge 4.3. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubetlerine ait varyans analizi

Varyans kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	370,778	5	74,156	2,924*	0,017
Gruplar içi	2586,471	102	25,358		
Toplam	2957,249	107			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

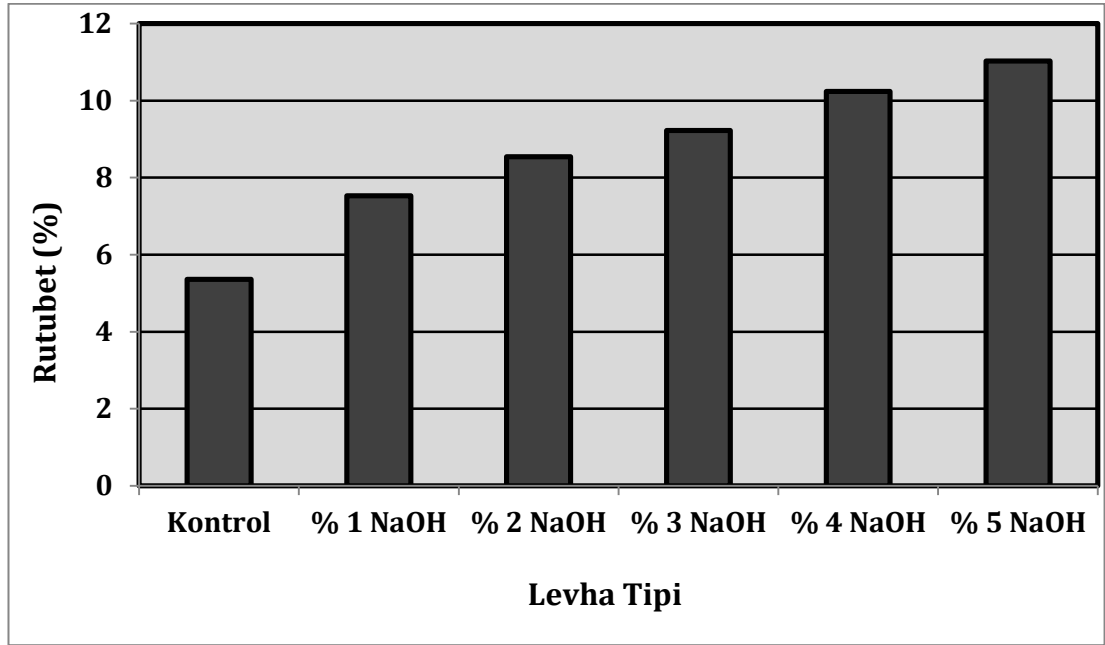
Rutubet değerlerinin aritmetik ortalamalarına uygulanan Anova testi sonucunda istatistiksel açıdan farklılaşmanın oluşması halinde de farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testine başvurulmuştur ve etkileşimler Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre, % 1, % 2 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar ile kontrol levhasının ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleri uygulanmış levhaların farklı iki homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubetlerine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2
Kontrol Levha	18	5,358	
% 1 NaOH Levha	18	7,530	7,530
% 2 NaOH Levha	18	8,547	8,547
% 3 NaOH Levha	18		9,225
% 4 NaOH Levha	18		10,237
% 5 NaOH Levha	18		11,027
Olasılık		0,075	0,065

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi ortalama rutubet içerikleri sırasıyla kontrol levhalarda % 5,358, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 7,530 % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 8,547, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 9,225, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 10,237, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda ise % 11,027 değerlerinde yer almıştır. Buna göre rutubet içeriği en fazla % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhada, en az ise kontrol levhasında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların rutubet değerleri

4.1.3. Su Alma

NaOH’in % 1, 2, 3, 4 ve 5 derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan üretilen levhalarla kontrol levhasının 24 saat suda bekletilmesi sonucundaki su alma değerlerinden elde edilen aritmetik ortalamaların kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma miktarlarına ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	14173,970	5	2834,794	14,289***	0,000
Gruplar içi	20235,611	102	198,388		
Toplam	34409,581	107			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

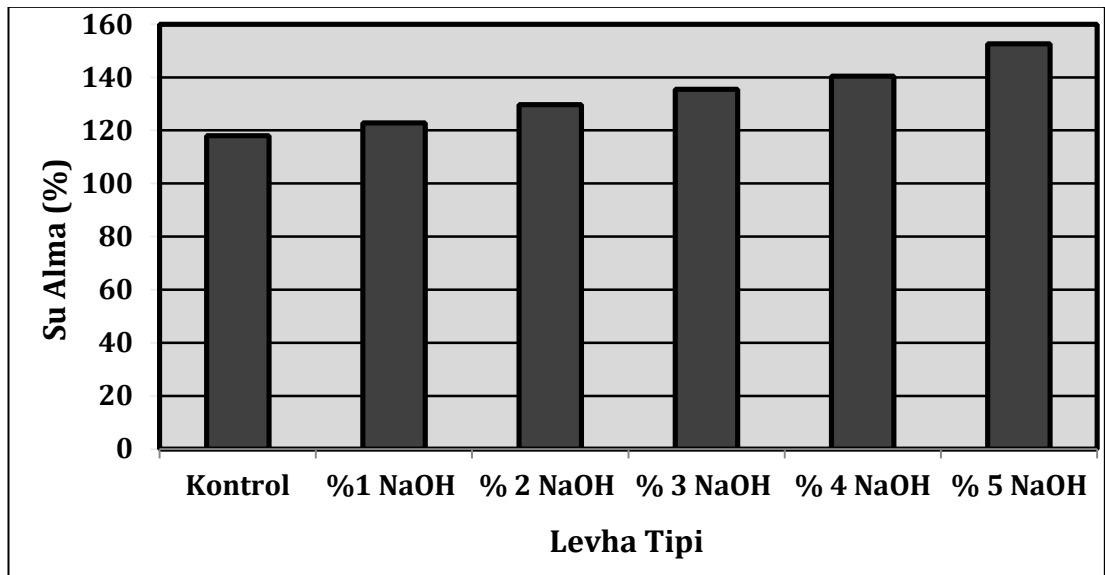
Su alma değerlerine uygulanan Anova testi sonucunda, P < 0.001 değerinde farklı oranlarda üretilen levha grupları (F=14,289) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Farklılaşmanın oluşmasıyla farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testi yapılmıştır. Levha grupları arasındaki etkileşimler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma miktarlarına ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3	4	5
Kontrol Levha	18	117,990				
% 1 NaOH Levha	18	122,878	122,878			
% 2 NaOH Levha	18		129,719	129,719		
% 3 NaOH Levha	18			135,506	135,506	
% 4 NaOH Levha	18				140,483	
% 5 NaOH Levha	18					152,671
Olasılık		0,300	0,148	0,221		1,000

Levha gruplarına ait su alma miktarlarının Duncan testi sonuçlarına göre aritmetik ortalamalar açısından, kontrol levhaları ile % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, % 1 ve % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, % 3 ve % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar olmak üzere farklı beş homojen grup oluşturdıkları belirlenmiştir.

Su alma miktarlarının ortalamaları ise Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Buna göre ortalama su alma yüzde miktarları sırasıyla kontrol levhalarında % 117,990, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 122,878 % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 129,719, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 135,506, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 140,483, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 152,671 olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre kontrol levhalarından sonra uygulanan NaOH derişimindeki artışla birlikte orantılı olarak su alma miktarında da artış gözlenmiştir.



Şekil 4.3. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte su alma değerleri

4.1.4. Kalınlığına şişme

NaOH'in farklı derişimleri ile muamele edilmiş kızılçam yongalarından yapılan levhalarının 24 saat su içerisinde bekletilmesi sonucunda kalınlığına şişme miktarlarına ait aritmetik ortalamaların kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile yapılmıştır. Yapılan Anova testi sonuçları ise çizelge 4.7'de verilmiştir. Yapılan Anova testi sonucunda, $P < 0.001$ değerinde farklı derişimlerde NaOH kullanımı ile üretilen levha grupları ($F = 17,200$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Bu da NaOH derişimlerinin değişmesiyle kalınlığına şişme değerinde değiştiğini göstermiştir.

Kalınlığına şişme sonuçlarındaki aritmetik ortalamaların değerlendirilmesi Anova testi ile gerçekleştirilmiş ve Anova testi sonucunda istatistiksel açıdan farklılaşmanın oluşması ile farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testi uygulamasına gidilmiştir. Levha grupları arasındaki etkileşimler Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerlerine ait varyans analizi

Varyans kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	6655,876	5	1331,175	17,200***	0,000
Gruplar içi	7894,069	102	77,393		
Toplam	14549,94	107			

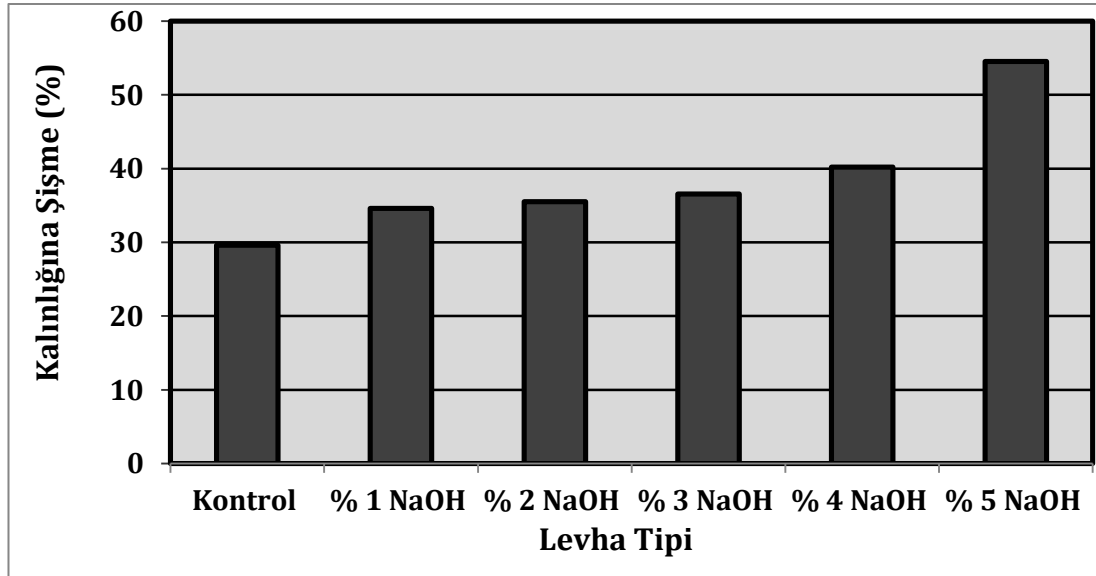
* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Levha gruplarının Duncan testi sonuçlarına göre, % 1, % 2 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar ile kontrol levhasınının, % 1, % 2, % 3, % 4 NaOH derişimleri uygulanmış levhaların ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhanın farklı üç homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir

Çizelge 4.8. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerlerine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3
Kontrol Levha	18	29,590		
% 1 NaOH Levha	18	34,612	34,612	
% 2 NaOH Levha	18	35,498	35,498	
% 3 NaOH Levha	18		36,576	
% 4 NaOH Levha	18		40,181	
% 5 NaOH Levha	18			54,505
Olasılık		0,087	0,085	1,000

Kalınlığına şişme değerleri kontrol levhaları ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleriyle üretilmiş levhalarda sırasıyla % 29,590, % 34,612, % 35,498, % 36,576, % 40,181 ve % 54,505' tir. En yüksek kalınlığına şişme değeri % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhada görülürken, en düşük değer ise kontrol levhalarında görülmüştür. Şekil 4.4'de levha gruplarının kalınlığına şişme değerleri grafik olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.4. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların 24 saatte kalınlığına şişme değerler

4.1.5. Renk ölçümü

Kızılçam yongalarına farklı derişimlerde NaOH uygulamaları sonucunda üretilen yongalevhalar ve kontrol levhaları üzerinde gerçekleştirilen renk ölçümleri sonucunda elde edilen L* (parlaklık/koyuluk), C* (metrik renk), ve h° (metrik renk açısı) Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Kontrol ve % 1, 2, 3, 4, 5 NaOH derişimi uygulamalarında L*(parlaklık/koyuluk) değerleri 53,57-64,48 C*(metrik renk), değerleri 20,14-20,81, h° (metrik renk açısı) değerleri 66,14-73,18 aralığında değişmiştir.

Üretilen yongalevhaların farklı derişimlerde NaOH derişimi uygulanan yongalardan elde edilmesiyle gerçekleşen renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin hesaplanabilmesi için L*(parlaklık/koyuluk) değerleri dışında gerek duyulan a* kırmızılık (+)/yeşillik (-), b* sarılık (+)/mavilik (-) değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar çizelge 4.10'da sunulmuştur. Kontrol ve % 1, 2, 3, 4 ve 5 NaOH derişimlerinden kızılçam yongalarına ön işlem uygulanmasıyla üretilen yongalevhalara ait a* kırmızılık (+)/yeşillik (-), b*sarılık (+)/mavilik (-) değerleri ile L*(parlaklık/koyuluk) değerleri de kullanılarak hesaplanan ΔE^* (renk değişimi) sırasıyla 5.83–8,43, 18,90-19,28, 2,29-6,94 aralığında yer almıştır.

Çizelge 4.9. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan üretilen levhaların renk ölçümüne ait L* C* h° değerleri

	L*	C*	h°
Kontrol yongalevha	58,57	20.80	66.14
% 1NaOH yongalevha	64,48	20,14	73,18
% 2NaOH yongalevha	59,12	20,49	69,72
% 3 NaOH yongalevha	57.04	20,70	67,81
% 4 NaOH yongalevha	54.83	20,81	66,90
% 5 NaOH yongalevha	53,57	20,61	66,54

Çizelge 4.10. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalarından üretilen levhaların renk ölçümüne ait a* b* ΔE* değerleri

	a*	b*	ΔE*
Kontrol yongalevha	8,43	18,99	
% 1NaOH yongalevha	5,83	19,28	6,94
% 2NaOH yongalevha	7,10	19,22	5,59
% 3 NaOH yongalevha	7,82	19,17	2,91
% 4 NaOH yongalevha	8,16	19,14	2,29
% 5 NaOH yongalevha	8,20	18,90	2,95

ΔE *(renk değışimi) değerlerinin Anova testi sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.11'de verilmiştir. Elde edilen sonuca göre, P < 0.05 değerinde farklı derişimlerde üretilen levha grupları (F=3,707) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Farklı NaOH derişim miktarları ΔE* (renk değışimi) değerlerini etkilediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların renk ölçümünde ΔE* (renk değışimi) değerlerine ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	50,894	4	12,723	3,707*	0,042
Gruplar içi	34,325	10	3,432		
Toplam	85,219	14			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

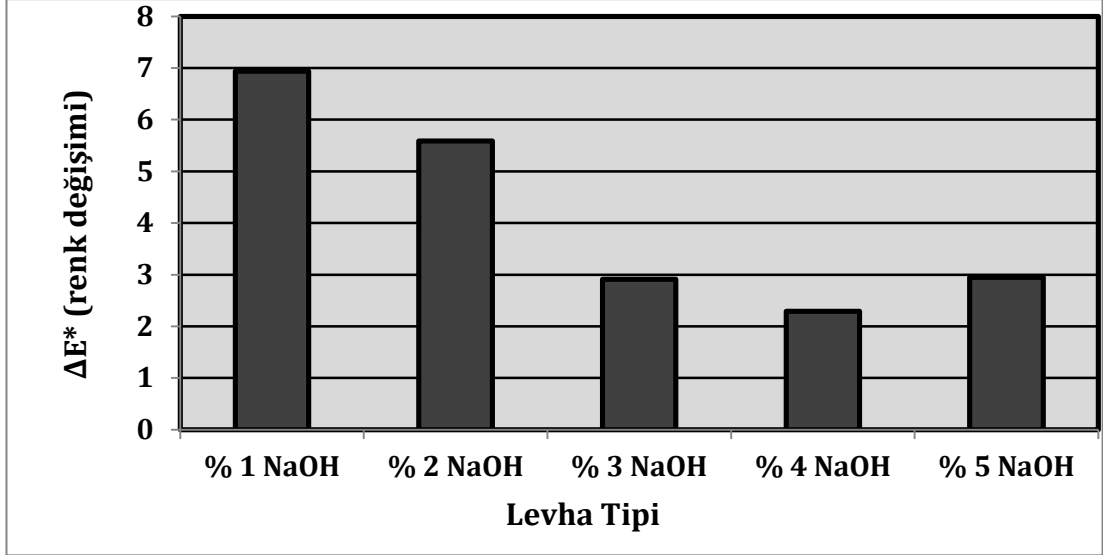
ΔE* (renk değışimi) değerlerine uygulanan Anova testi sonucunda istatistiksel açıdan farklılaşmanın oluşmasından dolayı farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testi yapılmış olup gruplar arasındaki etkileşimler Çizelge 4.12'de verilmiştir

Çizelge 4.12. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların renk ölçümünde ΔE^* (renk değişimi) değerlerine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2
% 4 NaOH Levha	3	2,253	
% 5 NaOH Levha	3	2,293	
% 3 NaOH Levha	3	2,513	
% 2 NaOH Levha	3	5,537	5,537
% 1 NaOH Levha	3		6,563
Olasılık		0,070	0,513

Duncan testi sonucunda, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar ve % 1, % 2 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar farklı iki homojen grup oluşturmuşlardır.

ΔE^* (renk değişimi) değerlerinin ortalama değerleri ise Şekil 4.5'te grafik olarak gösterilmiştir. Buna göre ortalamalar sırasıyla % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 6,94, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 5,29, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 2,91, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 2,29, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 2,95 dir. ΔE^* (renk değişimi) değerleri % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalara kadar derişim artışıyla birlikte düşüş gösterirken, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda tekrar artış göstermiştir.



şekil 4.5. Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların ΔE^* (renk değişimi) değerleri

4.2. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele edilmiş Yongalardan Üretilen Levhalara Ait Mekanik Bulgular

4.2.1. Eğilme direnci

Beş farklı derişimde NaOH ile geręekleřtirilen kimyasal ön işlem uygulamasının mekanik özelliklerden eğilme direnci üzerindeki etkileri istatistiksel olarak incelenmiş ve NaOH derişimlerinin eğilme direnci açısından gruplar arasında farklılık yaratıp yaratmadığını görmek için basit varyans analizi (Anova testi) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Anova testi sonucunda, $P < 0.001$ değerinde farklı derişimlerde üretilen levha grupları ($F=15,084$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. NaOH derişimlerindeki değişim eğilme direnci değerlerini etkilemiştir.

Çizelge 4.13. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme dirençlerine ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	68,905	5	13,781	15,084***	0,000
Gruplar içi	27,408	30	0,914		
Toplam	96,313	35			

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Anova testinde, gruplar arasında farklılığın olduğu durumda ise hangi grupların farklılaştığını anlamak için Duncan testine başvurulmuştur. Levha grupları arasındaki etkileşimler Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

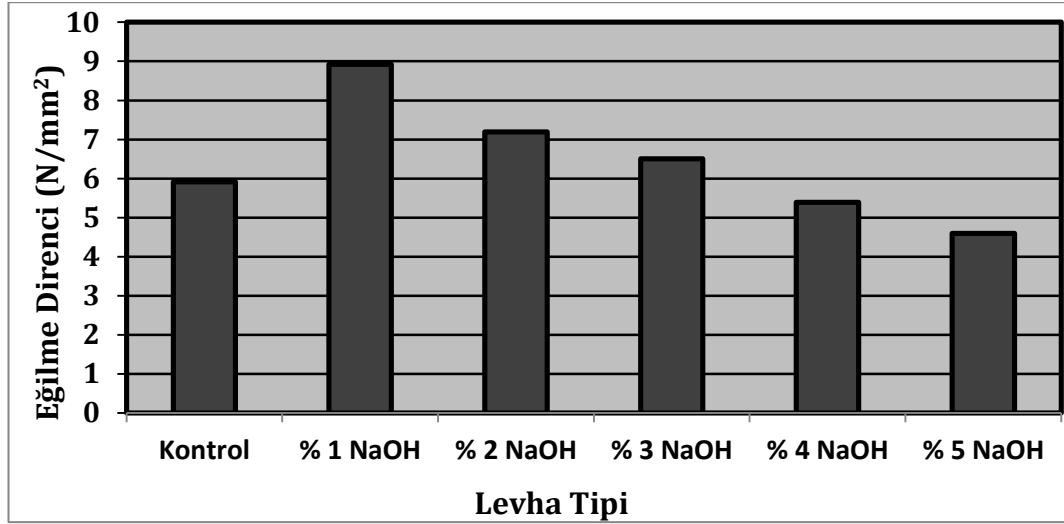
Çizelge 4.14. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme dirençlerine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3	4
% 5 NaOH Levha	6	4,598			
% 4 NaOH Levha	6	5,404	5,404		
Kontrol Levha	6		5,912		
% 3 NaOH Levha	6		6,503	6,503	
% 2 NaOH Levha	6			7,194	
% 1 NaOH Levha	6				8,924
Olasılık		0,155	0,068	0,220	1,000

Duncan testi yardımıyla, % 4, % 5 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar, % 4, % 3 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar ile kontrol levhası, % 3, % 2 NaOH derişimleri uygulanmış levhalar ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhaların farklı dört homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir.

Şekil 4.6'da levha gruplarının eğilme direnci değerleri grafik olarak karşılaştırılmıştır. Eğilme direnci kontrol levhasında 5,912 N/mm² olarak elde

edilirken en yüksek değeri 8,924 N/mm² ile % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhada, en düşük değer ise 4,598N/mm² ile % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhada elde edilmiştir. NaOH derişimlerinin artışıyla değerlerde düşüş görülmüştür. Dolayısıyla farklı NaOH derişimlerinin uygulanması durumunda yongalevhaların eğilme direnci değerlerinde belirgin farklılıklar oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilme direnci değerleri

4.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Farklı NaOH derişimleriyle yapılan levhalarda NaOH derişimlerinin eğilme elastikiyeti açısından gruplar arasında farklılık yaratıp yaratmadığını görmek için Anova testi uygulanmıştır. Sonuçlar ise, Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Anova testi sonucunda, $P < 0.001$ değerinde farklı derişimlerde üretilen levha grupları ($F=7,609$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.15. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait varyans analizi

Varyas Kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	1962706,044	5	392541,209	7,609***	0,000
Gruplar içi	1547750,756	30	51591,692		
Toplam	3510456,800	35			

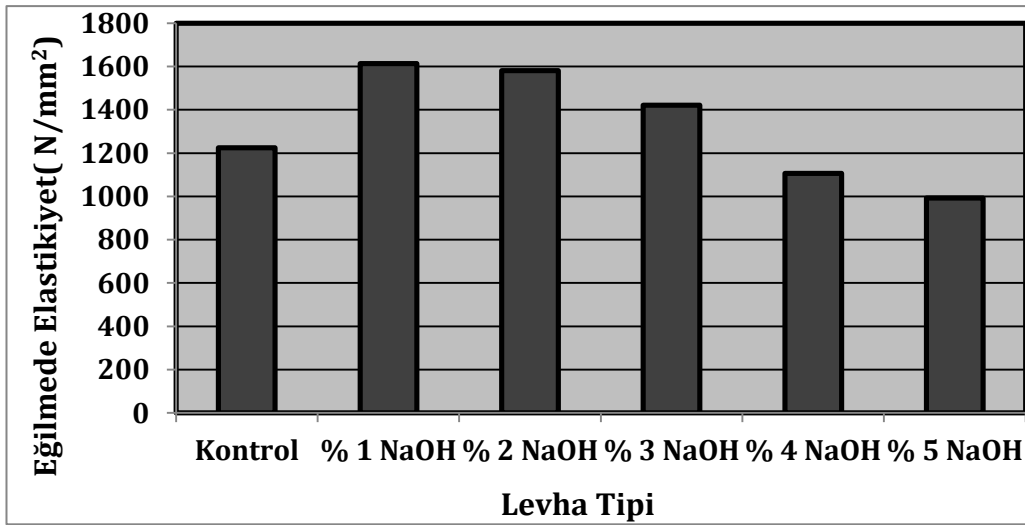
*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Anova testinde, gruplar arasında farklılığın olduğu durumda ise hangi grupların farklılaştığını anlamak için Duncan testi uygulanmıştır. Yapılan Duncan testi sonucunda % 5 hata payı ile gruplar arasındaki farklar önemli çıkmıştır. Duncan testi yardımıyla, % 5, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ile kontrol levhasının, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ile kontrol levhasının ve % 3, % 2, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhaların farklı üç homojen grup oluşturdukları belirlenmiş olup Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3
% 5 NaOH Levha	6	992,18		
% 4 NaOH Levha	6	1105,75		
Kontrol Levha	6	1224,59	1224,59	
% 3 NaOH Levha	6		1421,32	1421,32
% 2 NaOH Levha	6			1580,85
% 1 NaOH Levha	6			1613,93
Olasılık		0,103	0,144	0,175

Farklı derişimlerde NaOH ile üretilmiş levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri grafik olarak Şekil 4.7'de karşılaştırılmıştır. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerine % 1 NaOH derişimi ile muamele edilmiş levhalarda ulaşılmış olup, 1613,93 N/mm² dir. % 2, % 3, % 4 ve % 5 NaOH derişimleriyle muamele edilmiş levhalarda ise sırasıyla 1580,85 N/mm², 1421,32 N/mm², 1105,75 N/mm², 992,18 N/mm² değerler elde edilmiş ve derişim oranları artışıyla birlikte düşüş kaydedilmiştir. Kontrol levhalarında ise % 4 ve % 5 NaOH derişim ile üretilmiş levhalara göre daha yüksek değerler elde edilmiş ve 1225,59 N/mm² dir.



Şekil 4.7. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle modifiye edilmiş yongalardan yapılan levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri

4.2.3. Yüze dik çekme direnci

Yüze dik çekme direnci etkilerini belirlemek için; farklı derişimlerdeki NaOH ile üretilen levhalarla kontrol levhasının yüze dik çekme direnci uygulamalarında elde edilen aritmetik ortalamaların kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

Anova testi sonucunda, $P < 0.001$ değerinde farklı derişimlerde NaOH kullanımı ile üretilen levha grupları ($F=6,861$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Bu da NaOH derişiminin değişmesiyle yüzeye dik çekme direncinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların yüzeye dik çekme direncine ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	0,113	5	0,023	6,861***	0,000
Gruplar içi	0,099	30	0,003		
Toplam	0,212	35			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

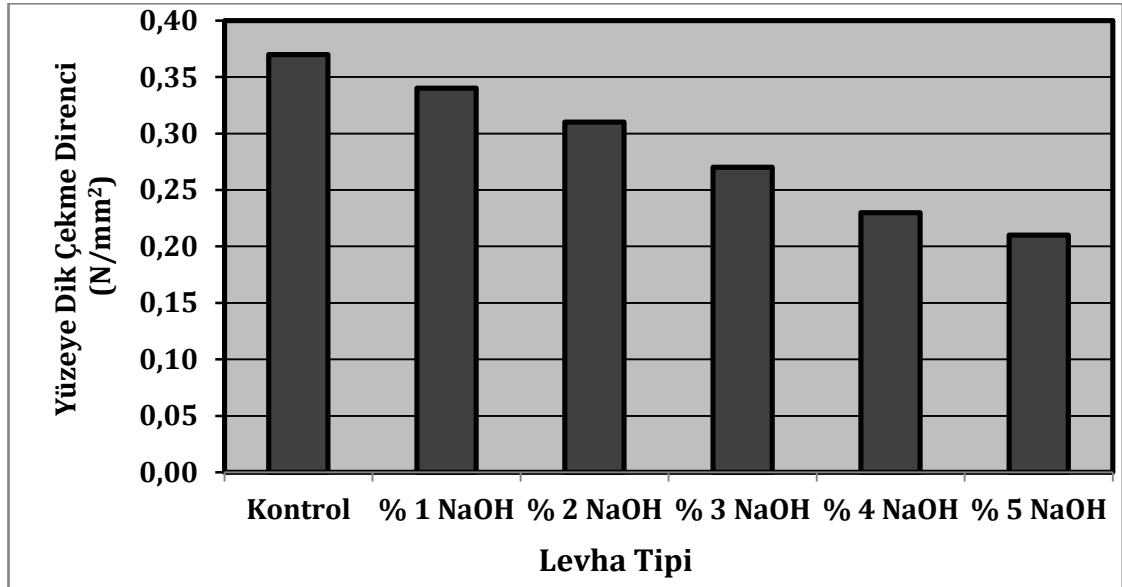
Üretilen levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerinin sonuçlarındaki aritmetik ortalamaların belirlenmesi Anova testi ile yapılmış ve Anova testi sonucunda istatistiksel açıdan farklılaşmanın oluşması ile farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testi yapılmıştır. Levha grupları arasındaki etkileşimler ise çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhaların yüzeye dik çekme direncine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3
% 5 NaOH Levha	6	0,2083		
% 4 NaOH Levha	6	0,2317		
% 3 NaOH Levha	6	0,2750	0,2750	
% 2 NaOH Levha	6		0,3100	0,3100
% 1 NaOH Levha	6		0,3400	0,3400
Kontrol	6			0,3650
Olasılık		0,065	0,072	0,126

Levha gruplarının Duncan testi sonuçlarına göre, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, % 1, % 2, % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ve % 1, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ile kontrol levhası farklı üç homojen grup oluşturdıkları belirlenmiştir.

En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri kontrol levhalarından 0,37 N/mm² olarak elde edilirken % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 0,34 N/mm², % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 0,31 N/mm², % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 0,27 N/mm², % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda 0,23N/mm² ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda ise 0,21 N/mm² olmak üzere derişim miktarının artışıyla değerlerde düşüş kaydedilmiştir. Şekil 4.8'de ise levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci değerleri grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.8. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalardan yapılan levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri

4.3. Doğal ve Farklı NaOH Derişimleriyle Muamele edilmiş Yongalara Ait Kimyasal Bulgular

4.3.1. Ekstraktif madde miktarı tayini

Kontrol ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam odun yongaları içerisinde bulunan yağlar, vakslar, reçineler, uçucu olmayan hidrokarbonlar, düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar, tuzlar ve suda çözünen diğer bileşikler ekstraktif madde tayini ile belirlenmiştir. İncelenen örneklere ait ekstraktif tayini sonucunda elde edilen değerlerin aritmetik ortalamalarının kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiş olup değerler Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Anova testi sonucunda, $P < 0.001$ değerinde farklı derişimlerde NaOH kullanımının gerçekleştirildiği yongalar ($F=59,083$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Farklı NaOH derişimlerinin kullanımı ekstraktif miktarlarını etkilemiştir.

Çizelge 4.19. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayinine ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	10,394	5	2,079	59,083***	0,000
Gruplar içi	0,422	12	0,035		
Toplam	10,816	17			

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

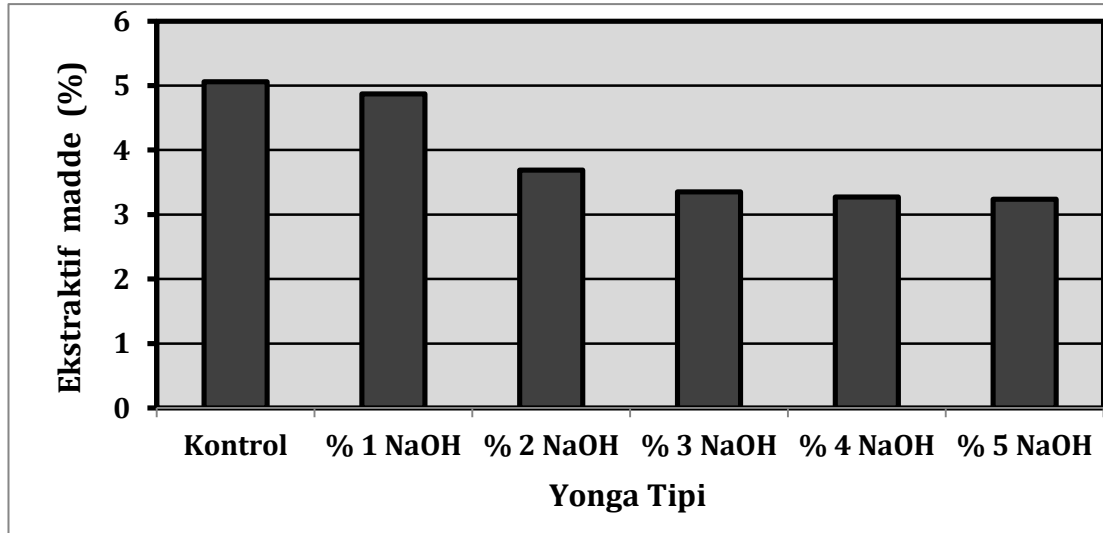
Anova testinde gruplar arasında farklılığın olduğu durumda ise hangi grupların farklılaştığını anlamak için Duncan testine başvurulmuş olup levha grupları arasındaki etkileşimler Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayinine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3
% 5 NaOH Yonga	3	3,24		
% 4 NaOH Yonga	3	3,27		
% 3 NaOH Yonga	3	3,35		
% 2 NaOH Yonga	3		3,69	
% 1 NaOH Yonga	3			4,87
KontrolYonga	3			5,06
Olasılık		0,508	1,000	0,238

Duncan testi uygulamasında, % 3, % 4 ve % 5 NaOH derişimleri uygulanmış yongalar ile % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalarla kontrol yongaları ve % 2 NaOH derişimi uygulanan yongalar ayrılarak farklı üç homojen grup oluşturmuşlardır.

Ekstraktif tayini sonucunda elde edilen ortalama değerler Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların ekstraktif madde miktarı tayini değerle

Buna göre ortalama ekstraktif miktarları sırasıyla kontrol yongalarında % 5,06, % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 4,87, % 2 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 3,69, % 3 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 3,35, % 4 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 3,27, % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 3,24 olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre NaOH derişiminin artışıyla birlikte ekstraktif miktarlarında düşüş görülmüştür.

4.3.2. Lignin tayini

Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam odun yongaları ve kontrol yongalar kuvvetli asitlerle muamele edildiğinde karbonhidratlar hidrolize olur ve böylece lignin olarak adlandırılan bir kalıntı elde edilir. Lignin miktarı ise ekstrakte edilmiş tam kuru miktarın %'si olarak belirlenir. Yonga örneklerine uygulanan lignin tayini sonucundaki değerlerin aritmetik ortalamalarının kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiş ve değerler Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayinine ait varyans analizi

Varyans kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	0,738	5	0,148	8,667***	0,001
Gruplar içi	0,204	12	0,017		
Toplam	0,942	17			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

Anova testinde P < 0.001 değerindeki yongalar (F=8,667) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermiştir. Yongalarda farklı derişimlerde NaOH kullanımı lignin yüzdelerinde etkili olmuştur

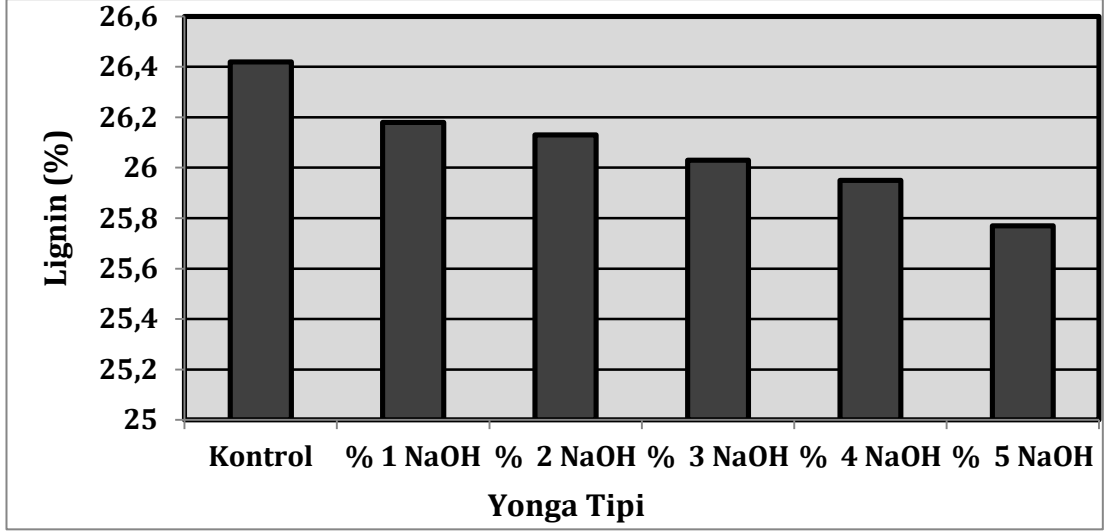
Lignin yüzdelerinin aritmetik ortalamalarının değerlendirilmesi Anova testi ile gerçekleştirilmiş ve Anova testi sonucunda istatistiksel açıdan farklılaşmayla

birlikte farklı grupların tespit edilmesi için Duncan testi uygulamasına gidilmiştir. Yongalar arasındaki etkileşimler Çizelge 4.22’de gösterilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, % 5, % 4 NaOH derişimleri uygulanmış yongalar ve % 1, % 2, % 3, % 4 NaOH derişimleri uygulanmış yongalar birer homojen grup oluştururken kontrol yongalarıda ayrı bir homojen grup oluşturarak farklı üç homojen grup belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayinine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3
% 5 NaOH Yonga	3	25,77		
% 4 NaOH Yonga	3	25,95	25,95	
% 3 NaOH Yonga	3		26,03	
% 2 NaOH Yonga	3		26,13	
% 1 NaOH Yonga	3		26,18	
KontrolYonga	3			26,42
Olasılık		0,117	0,068	1,000

Lignin yüzde değerleri kontrol yongaları ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleriyle üretilmiş yongalarda sırasıyla % 26,42, % 26,18, % 26,13, % 26,03, % 25,95 ve % 25,77’ dir. En yüksek lignin yüzdesi kontrol yongalarında görülürken, en düşük değer ise % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda görülmüştür. Şekil 4.10’da yongaların lignin yüzde değerleri grafik olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.10. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların lignin tayini değerleri

4.3.3. Holoselüloz tayini

Odunsu materyallerden ligninin uzaklaştırılması sonucu geriye kalan kısım holoselüloz olarak adlandırılmakta olup kontrol yongasındaki ve farklı NaOH derişimleri uygulanmış yongalardaki holoselüloz yüzdelerinin aritmetik ortalamalarının kontrolü basit varyans analizi (Anova testi) ile gerçekleştirilmiştir. Anova testi sonucunda elde edilen değerler ise çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayinine ait varyans analizi

Varyas kaynağı	Tüm Varyans	Serbestlik Derecesi(df)	Varyans	F-Oranı	Olasılık (p)
Gruplar arası	18,109	5	3,622	45,160***	0,000
Gruplar içi	0,962	12	0,080		
Toplam	19,071	17			

*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001

Uygulanan Anova testine göre, $P < 0.001$ değerinde üretilen yongaların ($F=45,160$) aritmetik ortalamalar bakımından farklılık göstermesiyle birlikte, farklı NaOH derişimlerinin kullanımı holoselüloz yüzde miktarlarında etki göstermiştir.

Anova testi sonucunda, gruplar arasında farklılığın olduğu durumda ise hangi grupların farklılaştığını anlamak için Duncan testi yapılmıştır. Yongalar arasındaki etkileşimler ise Çizelge 4.24'de gösterilmiştir.

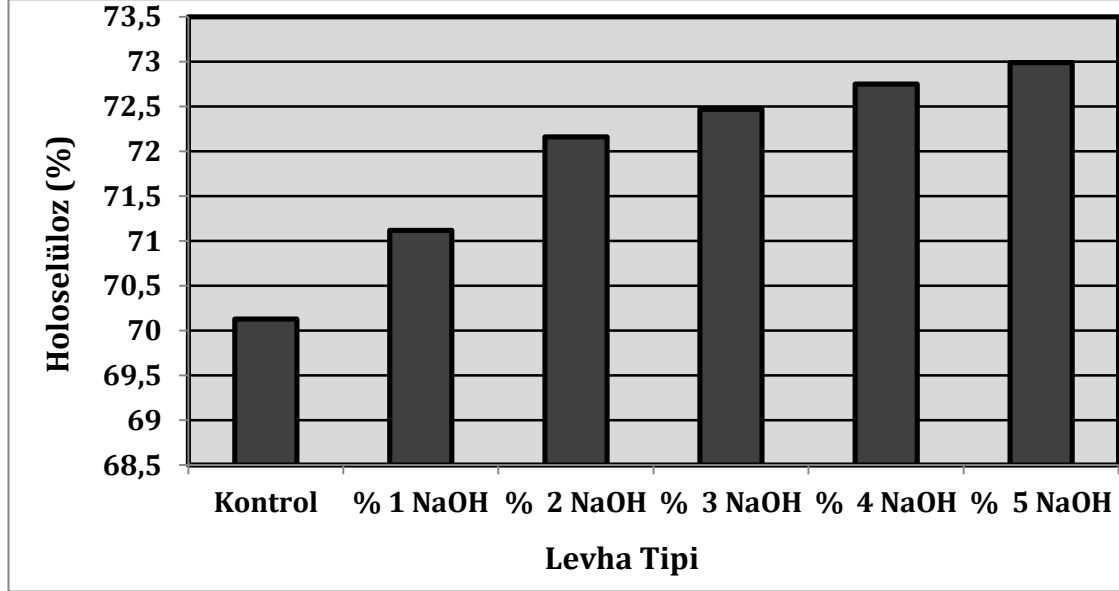
Duncan testinde kontrol yongalar ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalar farklı birer homojen grup oluşturmuştur. Bunların yanısıra, % 2, % 3 NaOH derişimleri uygulanmış yongalar ve % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleri uygulanmış yongalarda homojen gruplar oluşturarak dört farklı homojen grup belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayinine ait Duncan testi sonuçları

Levha Oranları	N	1	2	3	4
KontrolYonga	3	70,13			
% 1 NaOH Yonga	3		71,12		
% 2 NaOH Yonga	3			72,16	
% 3 NaOH Yonga	3			72,47	72,47
% 4 NaOH Yonga	3				72,75
% 5 NaOH Yonga	3				72,99
Olasılık		1,000	1,000	0,205	0,53

Elde edilen holoselüloz yüzde değerlerinin ortalamaları grafik olarak Şekil 4.11'de verilmiştir. En yüksek holoselüloz yüzde değeri % 72,99 ile % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongalardan elde edilirken, en düşük değer % 70,13 ile kontrol yongalarından elde edilmiştir. Yongalara NaOH derişim uygulaması ve derişim miktarlarındaki artışla birlikte holoselüloz yüzdeleri artış göstermekte

olup % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 71,12, % 2 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 72,16, % 3 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 72,47, % 4 NaOH derişimi uygulanmış yongalarda % 72,75 dir.



Şekil 4.11. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların holoselüloz tayini değerleri

4.3.4. FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) bulguları

NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının spektrumlarına bakıldığında genel olarak OH pikleri 3400 cm^{-1} civarındadır (Pandey, 1999; 2005). Her FTIR spektrumundaki baseline (taban çizgisi) absorbands değerleri ise, 3010 cm^{-1} ile 4000 cm^{-1} arasında tanımlanmıştır. OH pikine ait değerler spektruma ait pik yüksekliği olarak elde edilmiştir. Yani pik tepe noktası absorbands değerlerinden baseline (taban çizgisi) absorbands değerleri çıkartılmıştır. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarından elde edilen OH piklerinin yükseklik değerleri ise aşağıdaki Çizelge 4.25'te gösterilmiştir.

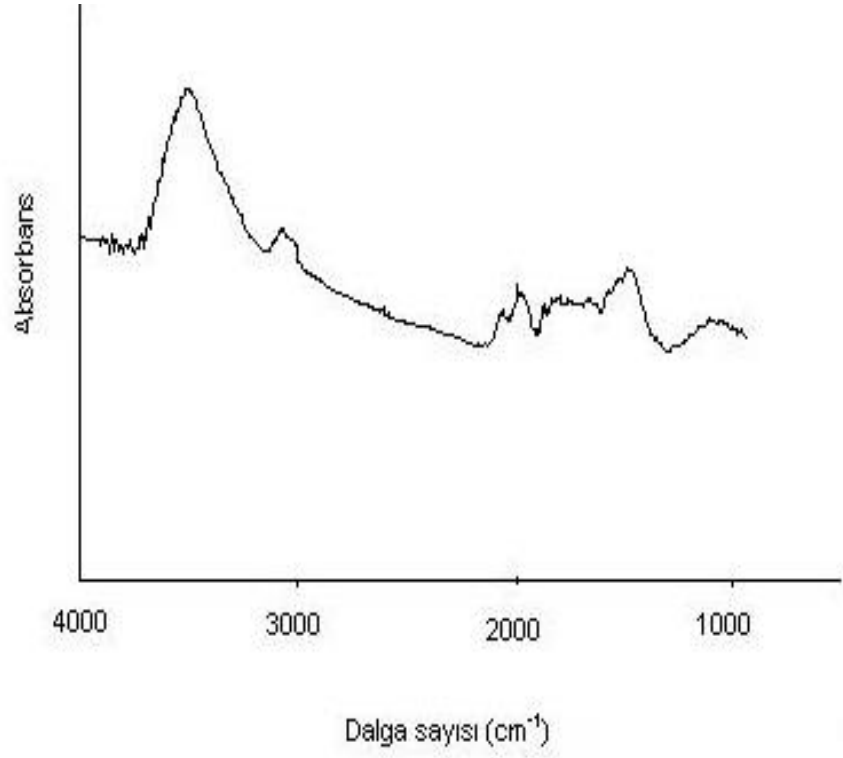
Çizelge 4.25. Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarına ait pik yüksekliği (absorbans) değerleri

Numune	Pik Yüksekliği (Absorbans)
Kontrol yonga	1,142
% 1NaOH yonga	1,153
% 2NaOH yonga	1,155
% 3 NaOH yonga	1,158
% 4 NaOH yonga	1,161
% 5 NaOH yonga	1,159

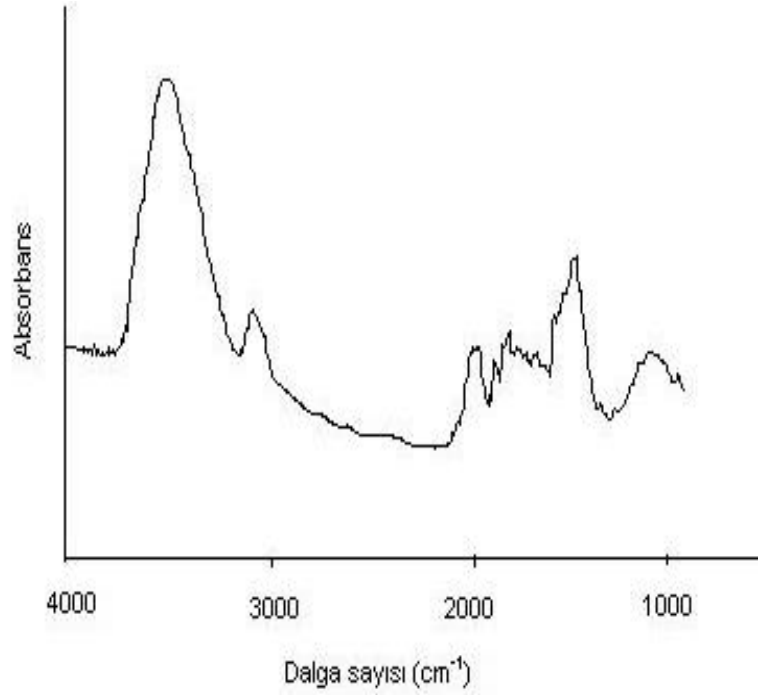
Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş ve doğal kızılçam yonga örneklerinden elde edilen OH pik yüksekliği değerleri incelendiğinde en düşük değer kontrol yongalarında 1,142 dir. En yüksek değer ise, % 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş yongalarda 1,161 dir. % 1, 2, 3, 4 NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongalarda NaOH derişimi ile birlikte orantılı olarak bir artış gösterirken, % 5 NaOH derişimi ile muamele edilmiş örneklerde ise orantılı olarak bir düşüş göstermiştir.

Doğal ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongaların OH pikleri sırasıyla 1,142, 1,153, 1,155, 1,158, 1,161, 1,159 olup farklı NaOH derişim miktarlarının uygulamasıyla OH gruplarında oluşan artış değerleri fiziksel ve mekanik ve kimyasal özellikler üzerinde etki göstermiştir.

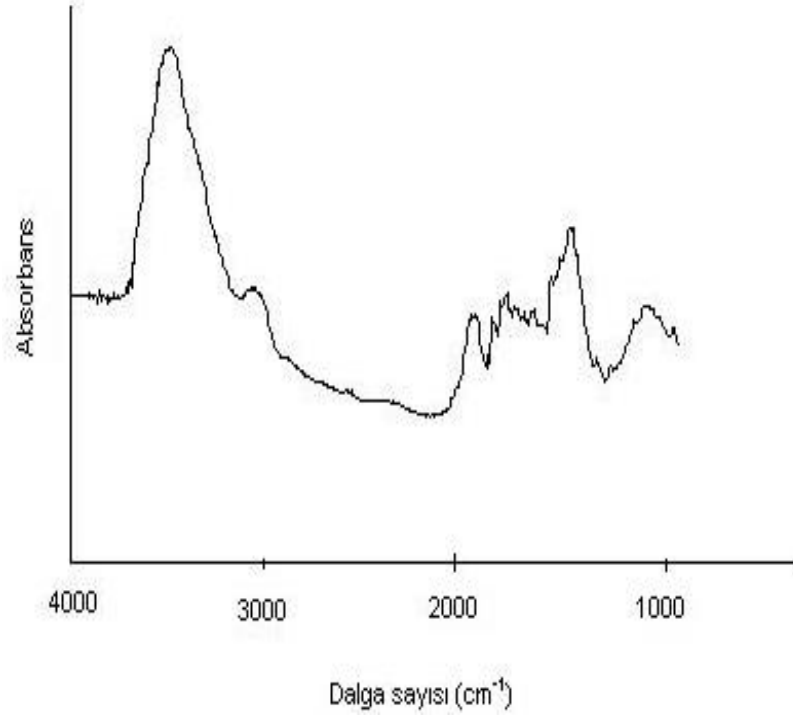
Doğal ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimleriyle muamele edilmiş yongaların FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17' de verilmiştir.



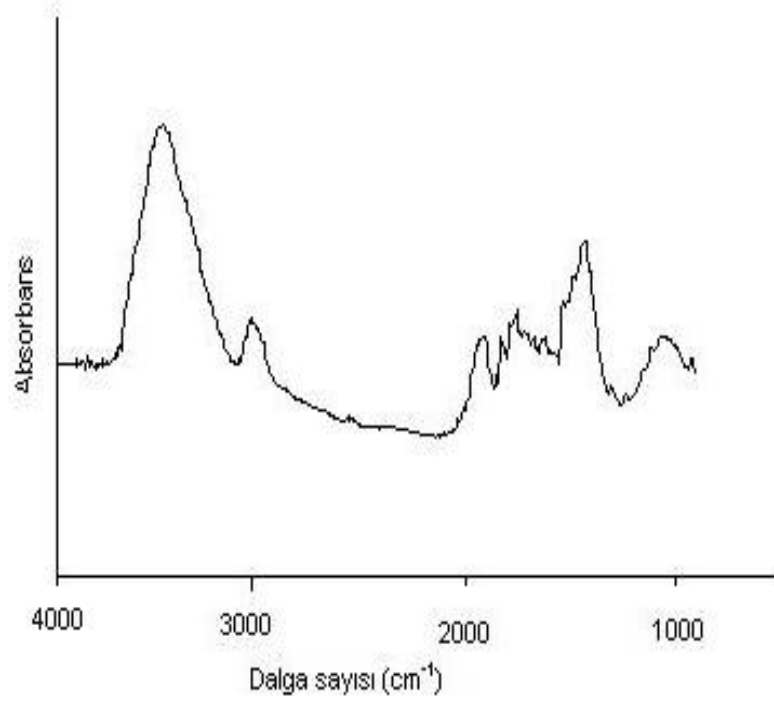
Şekil 4.12. Doğal kızılçam yongalarının FTIR spektrumu



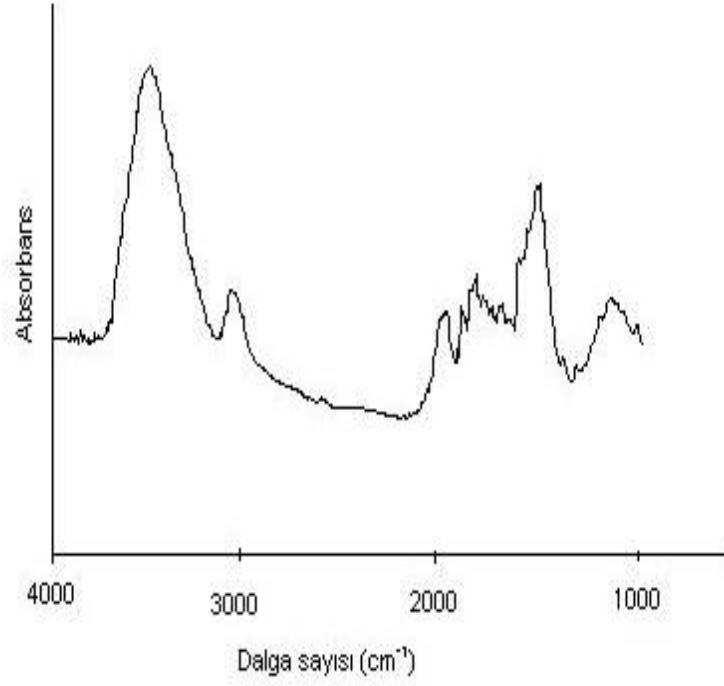
Şekil 4.13. % 1 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu



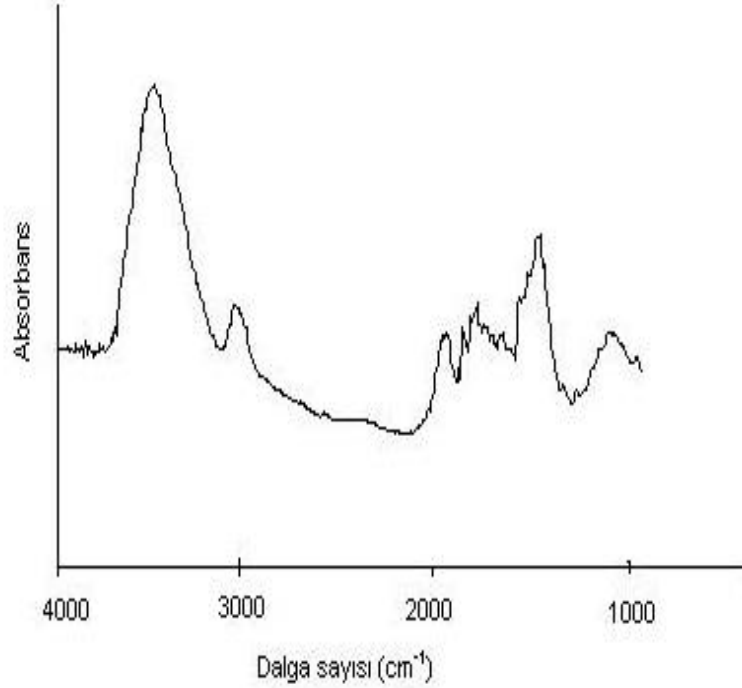
Şekil 4.14. % 2 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcam yongalarının FTIR spektrumu



Şekil 4.15. % 3 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcam yongalarının FTIR spektrumu



Şekil 4.16. % 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrumu



Şekil 4.17. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının FTIR spektrum

4.3.5. TG / DTA (Thermogravimetric / Differential Thermal Analyzer) bulguları

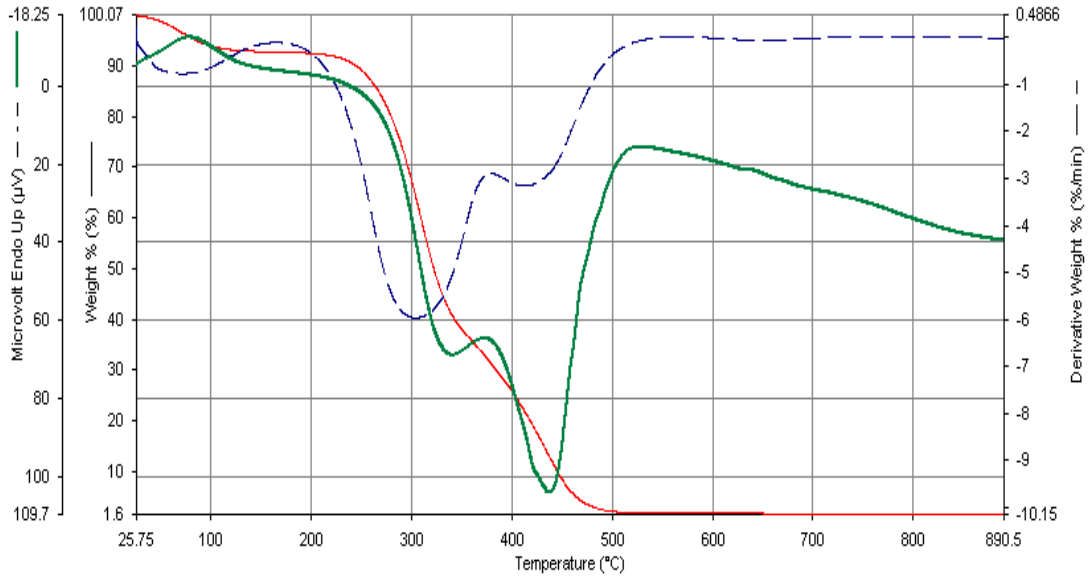
Termogravimetrik analiz termal analiz tekniklerinden biridir ve kütle değişimleriyle malzemenin termal stabilitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, bu analiz; yapı bileşenlerinin belirlenmesinde, termal ve oksidatif stabilizasyon çalışmalarında ve tahmini kullanım süresini belirlemek için reaksiyon kinetiklerinin belirlenmesinde kullanılabilir. TGA kontrollü bir ortamda, zaman ve sıcaklığın bir fonksiyon olduğu deney süresince, malzemede meydana gelen kütle kayıplarının ölçülmesidir (Hassel, 1991). Bu değerler, materyalin bileşenleri yanında, materyallerin termal stabilizasyonu hakkında çeşitli bilgiler sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Doğal ve farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik analiz diyagramları incelenmiş birçoğunun benzer basamaklar üzerinde bozunduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.26'da örneklerin termogravimetrik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.26. Doğal ve Farklı NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik değerleri

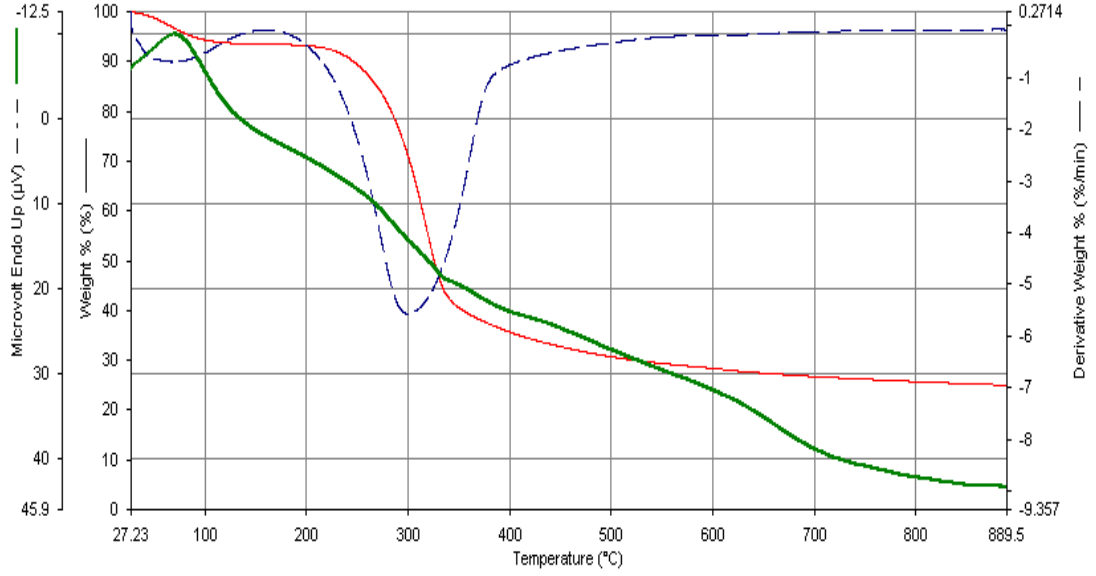
	Tb(°C) (Başlangıç sıcaklığı)	Tm(°C) (Maksimum sıcaklık)	Ts(°C) (Son sıcaklık)	900(°C)'de bozunmadan kalan (%)
Kontrol yonga	260,82 °C	309,27 °C	458,80 °C	% 1,6
% 1 NaOH yonga	253,53 °C	318,38 °C	338,47 °C	% 22,1
% 2NaOH yonga	248,16 °C	324,37 °C	344,81 °C	% 21,4
% 3 NaOH yonga	240,61 °C	317,83 °C	338,96 °C	%20,7
% 4 NaOH yonga	230,90 °C	316,02 °C	335,54 °C	% 10
% 5 NaOH yonga	245,99 °C	317,88 °C	335,07 °C	% 22,1

Doğal kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde doğal kızılçam yongaları 261 °C’ye kadar bozunmaya karşı direnç göstermiştir. Bu sıcaklığa kadar % 8’i bozunmaya uğramıştır. 459 °C sıcaklıkta % 97’sinin bozunduğu tespit edilmiş olup çok fazla miktarda kütle kaybı meydana gelmiştir. Maksimum 309 °C sıcaklıkta % 13 oranında kütle kaybına uğramıştır. 900 °C sıcaklıkta % 2’si bozunmadan kalmıştır. 170 °C ve 380 °C’de iki pik gerçekleştirilmiştir.



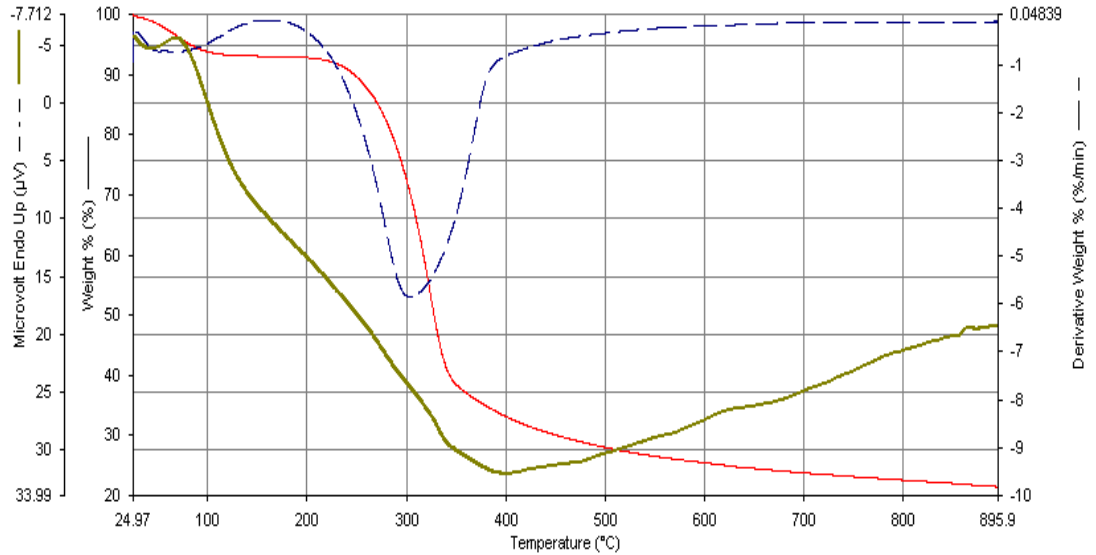
Şekil 4.18. Doğal kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı

% 1 NaOH derişimi uygulanmış kızılçam yongalarının termogramına bakıldığında iki basamakta bozunma meydana gelmiştir ve 254 °C sıcaklığa kadar bozunmaya direnç gösterdiği görülmüştür. 254 °C sıcaklıkta absorbe olmuş sudan kaynaklanan % 8 kütle kaybına uğradığı görülmüştür. 338 °C’de % 59 kütle kaybı oluşmuştur. Maksimum bozunma sıcaklığı 318 °C’de tespit edilmiş olup kütle kaybı % 46 dır. % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongaların % 22’si 900 °C civarında bozunmadan kalmıştır. % 1 NaOH uygulanmış kızılçam yongaları 175 °C’ de ekzotermik pik vermiştir ve termogravimetrik diyagram Şekil 4.19’da verilmiştir.



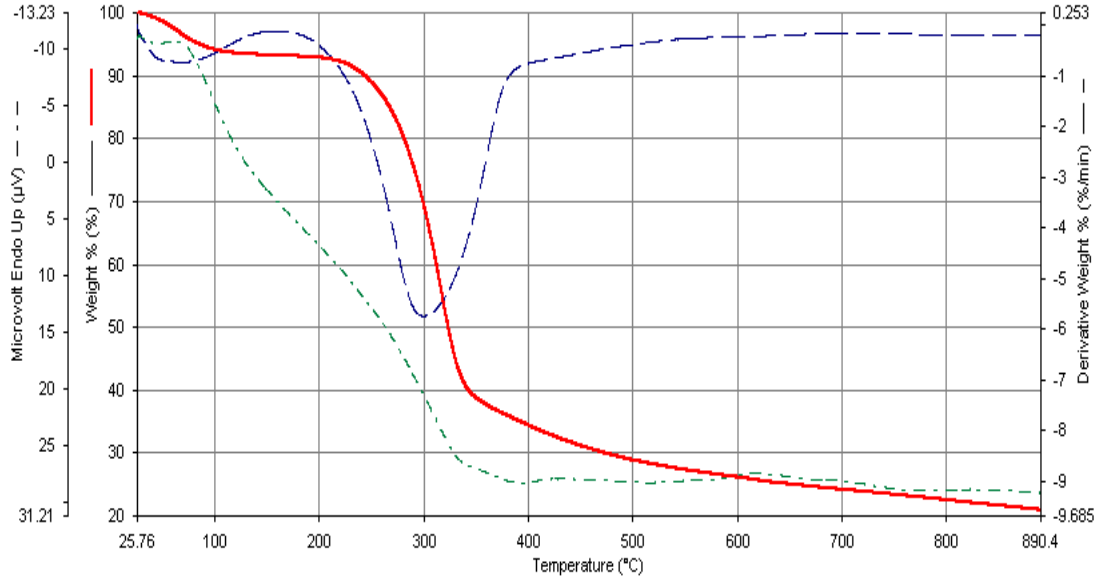
Şekil 4.19. % 1 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcım yongalarının termogravimetrik diyagramı

Şekil 4.20’de % 2 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcım yongaları iki adımda gerçekleşen bir bozunma sergilemiştir. Başlangıç bozunma sıcaklığı 248 °C olduğu belirlenmiştir. 248 °C ve 345 °C sıcaklıklar için kütle kaybı sırasıyla yaklaşık % 7 ve % 62 civarında saptanmıştır. 900 °C civarında % 79’unun bozulurken, 150 °C’de belirgin bir ekzotermik pik görülmüştür.



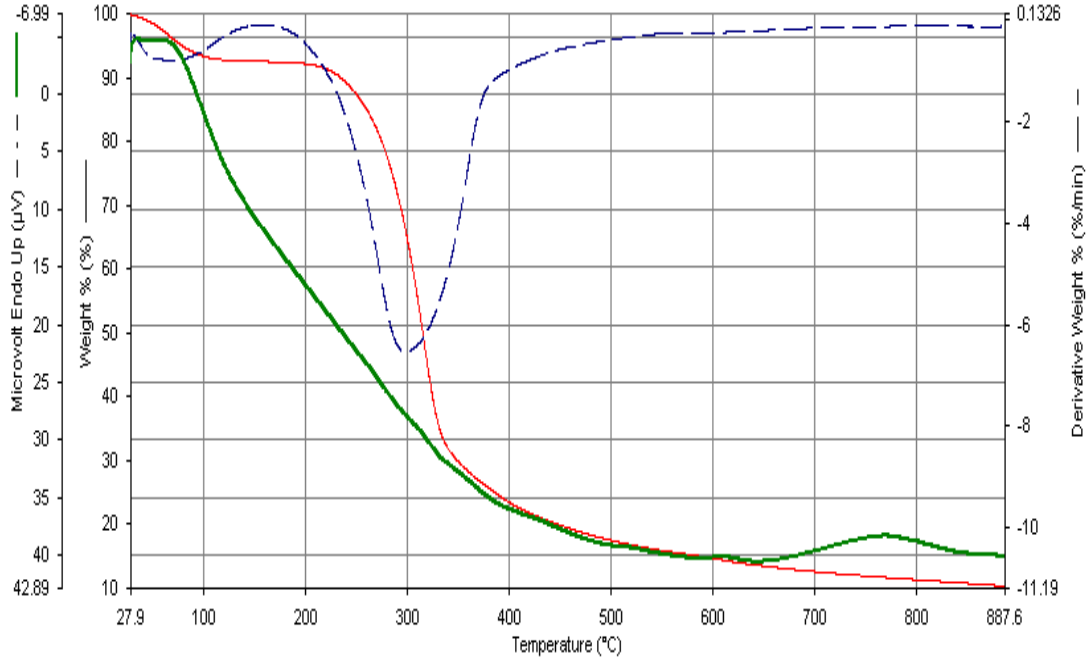
Şekil 4.20. % 2 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcım yongalarının termogravimetrik diyagramı

Şekil 4.21'de verilen % 3 NaOH derişimleriyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı incelendiğinde 241 °C sıcaklığa kadar görünen % 8 civarındaki kütle kaybı yapıdaki nemden kaynaklanmaktadır ve iki basamakta bozunma gerçekleştiği görülmektedir. 318 °C'de % 49'unun 339 °C'de % 61'nin bozunduğu belirlenmiştir. 160 °C'de ekzotermik pik görülmüştür.



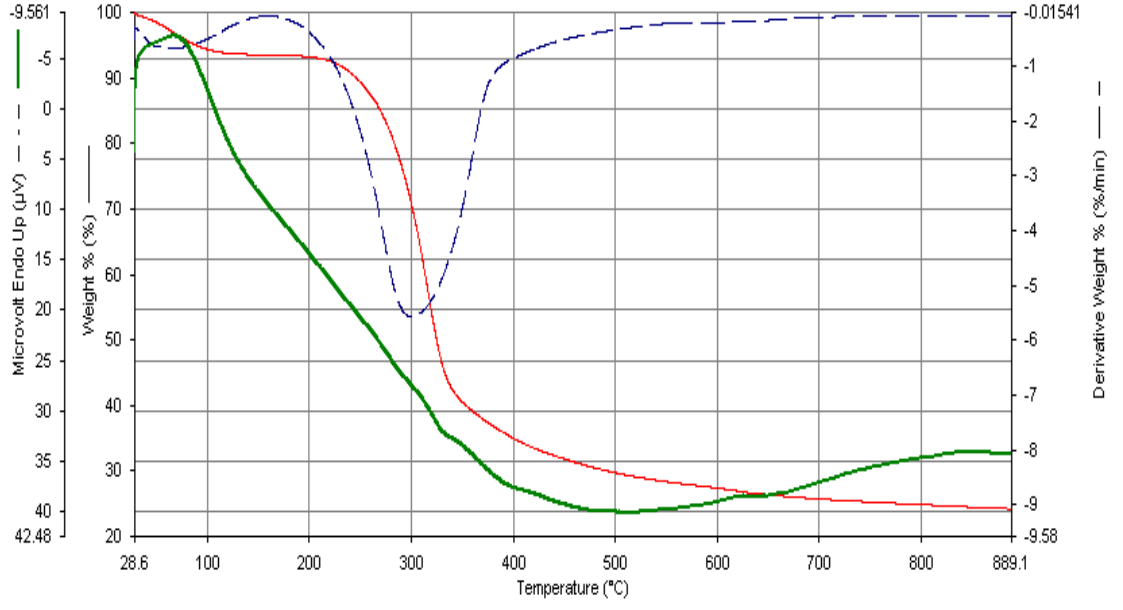
Şekil 4.21. % 3 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yongalarının termogravimetrik diyagramı

% 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılçam yonga örneklerinin termogravimetrik diyagramı şekil 4.22'de verilmiş olup iki basamakta meydana gelen bir bozunma elde edilmiştir. 231° C ve 336 °C sıcaklıklarda sırasıyla % 9 ve % 38 kütle kaybına uğradığı saptanmıştır. Maksimum bozunma sıcaklığı 316 °C olarak tespit edilmiştir. % 4 NaOH derişimi uygulanmış yongaların 900 °C civarında %10'unun bozunmadığı görülmüştür. 140 °C'de ekzotermik pik görülmüştür.



Şekil 4.22. % 4 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kıvılcam yongalarının termogravimetrik diyagramı

Şekil 4.23'te % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş yongaların termogravimetrik diyagramı gösterilmiştir. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kıvılcam yonga örnekleri iki basamakta bozunma sergilemişlerdir. 246 °C'ye kadar bozunmaya karşı direnç göstermiştir ve bu sıcaklığa kadar % 8 civarında kütle kaybına uğramışlardır. 318 °C civarında % 47'sinin kütle kaybına uğradığı ve 336 °C sıcaklıkta ise % 58'inin bozunduğu belirlenmiştir. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kıvılcam yonga örneklerinin 900 °C için bozunmadan kalan kısmı % 22 civarında olduğu tespit edilmiştir ve 160 °C'de bir ekzotermik pik vermiştir.



Şekil 4.23. % 5 NaOH derişimiyle muamele edilmiş kızılcam yongalarının termogravimetrik diyagramı

5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Endüstriyel gelişimin ve değişimin hızlı bir şekilde yaşandığı günümüzde, var olan hammadde kaynaklarının kıtlığı tüm endüstri kollarını bu kaynakları daha rasyonel değerlendirme, alternatif ürün temin etme, kaynak bulma ve atıkların tekrar işlenmesi çalışmalarına yöneltmiştir. Bu durum, orman ürünleri sanayi için de söz konusudur. Artan talep ve gelişme hızına bağlı olarak ağaç malzemenin kullanım alanlarının artması ve böylece bol bulunan odun hammadde kaynaklarının büyük ölçüde azalmaya başlaması sebebiyle, ağaç malzemeye alternatif ürün arayışlarına gidilmiş ve bu amaca yönelik olarak odun esaslı levha ürünleri geliştirilmiştir. Levhaların ana hammaddesini odun veya diğer lignoselülozik maddeler ile tutkal oluşturmakta olup dolayısıyla, levha üretiminde kullanılan odun türü, tutkal türü ve çeşitli amaçlar için ilave edilen kimyasal maddeler üretilen levhaların fiziksel, mekanik ve diğer bazı özelliklerini son derece etkilemektedir. Odun dışı lignoselülozik kaynakların yongalevha üretiminde değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar birçok tarımsal atığın bu sektörde teknik olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Ancak bu konuda yapılan araştırmalar tarımsal atıkların sözü edilen sektörde kullanılmasındaki en büyük engelin toplama, taşıma ve depolama masraflarının yüksekliği olduğunu ortaya koymuştur (Cöpür vd., 2007). Bu engellerin yanında özellikle tahıl saplarında hidrofobik mumsu bir katman ve yüksek oranda inorganik silis bulunduğu görülmektedir (Li vd., 2011). Bu olumsuzlukları giderip levha özelliklerini iyileştirmek için tahıl saplarına birçok kimyasal ön işlem uygulanabilmektedir. Benzer kimyasal ön işlemlerin odun yongalarında uygulandığı çeşitli çalışmalarda görülmüştür. Bunlara asetillendirme (Chow vd., 1996; Gomez Bueso vd., 1999; Abdul Khalil vd., 2007), kolafan ve alkid reçinesi (Var, 2002), enzim kullanma (Zhang vd., 2003), yüksek ısı ile muamele (Boonstra vd., 2006), sodyum hidroksid (NaOH) ile muamele (Wang ve Yu, 1993), borik asit ile muamele (Var vd., 2002; Zaidon vd., 2007) uygulamaları örnek olarak verilebilir.

Çalışmamızda Türkiye’de doğal olarak yetişen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yongalarına farklı derişimlerde NaOH çözeltisi uygulanmıştır. Bu yongalardan elde edilen levhalarda fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimlerin yanısıra kimyasal kompozisyondaki farklılaşma incelenmiştir. Levhaların özelliklerini iyileştirmek amaçlanmış olup bu konu endüstriyel açıdan önem taşımaktadır.

Masif ağaç malzemedede olduğu gibi yongalevhada da özgül ağırlık, levhanın fiziksel, mekanik ve işlenme özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Levha yoğunluğunun artmasıyla kalınlığına şişme ve boyut stabilitesi hariç olmak üzere diğer bütün özellikleri iyileşmektedir. Özgül ağırlığın artması sonucu yongalar arasındaki temas çok daha güçlü olur (Gündüz ve Masraf, 2005). Levha yoğunluğunun fazla miktarda arttırılması sonucu; daha fazla çarpılma olur, taşıma maliyetleri artar ve levhanın işlenmesi zorlaşır (Maloney, 1977). Levha yoğunluğunun artmasıyla daha fazla tutkal kullanıldığından formaldehit emisyonu yükselmektedir.

Çalışmada gerçekleştirilen kızılçam yongalarından üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri 0,65 g/cm³ olarak amaçlanmıştır. Bozkurt ve Göker (1990)’e göre orta özgül ağırlıktaki yongalevhalar 0,59-0,80 g/cm³ dir. Çalışmada kızılçamdan üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri ise 0,610 g/cm³ dür. Levhalarda öngörülen ve gerçekleşen özgül ağırlıklar arasında fark olmakla beraber bu farklar önemli derecede değildir. Kızılçam yongalarından üretilen levhalar orta özgül ağırlıklıdaki levha değerlerine uygun olduğu görülmüştür.

Kontrol ve farklı derişimlerdeki NaOH ile işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri 0,580 g/cm³ ile 0,641g/cm³ arasında sıralanmıştır. İstatiksel bakımdan sınıflandırıldığında levhaların özgül ağırlık değerlerinin iki ayrı homojen grupta toplandığı görülmüştür. Kontrol, % 2, % 3, % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulamalarından sonra üretilen levhalar aynı grupta yer alırken, kontrol, % 1, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulamalarından sonra üretilen levhalar ise diğer grupta yer almıştır. Birinci grup değerleri ile ikinci grup değerleri arasında ortalama % 3,37 fark görülmekte olup ikinci

grubun ortalama değeri daha yüksektir. Özellikle % 1, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulamalarında ve kontrolden elde edilen levhaların özgül ağırlık değerleri ortak homojen grup oluşturmamıştır. % 1 NaOH derişimi uygulamasıyla elde edilen değer 0,641 g/cm³ ve % 5 NaOH derişimi uygulamasıyla elde edilen değer 0,580 g/cm³ olup u değerleri temsil ettiği belirlenmiştir.

Özgül ağırlık değerlerinde, OH gruplarının artışı selüloz moleküllerinde tutkalın iyi bir şekilde penetre olmasını sağlamaktadır (Pan vd., 2007). Ancak % 1 NaOH uygulamasından sonraki derişim oranlarının kademeli olarak artışı hücre çeperinin kimyasal yapısında bozulmalara (Ray ve Sarkar, 2001; Sarkar vd., 1948; Gassan ve Bledziki, 1999; Ndazi vd., 2005) neden olmasından kaynaklı olarak yapışma direncinin düşmekte olduğu ve bununla birlikte özgül ağırlık değerlerinin de azalmakta olduğu söylenebilir. % 1 NaOH derişimi uygulamasında yüzeylerde pürüzlülük oluşmakta ve daha iyi yapışma (Lopattananon vd., 2008) ile daha yüksek özgül ağırlık değeri sergilenmektedir.

Yongalevhaların klimatize edilmiş durumdaki rututubet miktarları % 9±4 olarak belirlenmiştir (Kalaycıoğlu,1991). Kızılçam yongalarından üretilen kontrol levhalarının ve farklı NaOH derişimleri uygulanmış levhaların da rutubet değerleri % 5,358 ile % 11,027 aralığında yer almıştır. Bu aralıklar da literatüre uygun değerler göstermiştir.

İstatiksel olarak incelendiğinde levhalar rutubet değerleri bakımından homojen iki grup oluşturmuşlardır. Birinci grubu kontrol ve % 1, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalar oluştururken ikinci grubu % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar oluşturmuştur. Birinci gruptan ikinci gruba geçiş aşamasında ise gruplar arasında % 22,41'lik bir artış olmuştur. Bu yüzdelik artışa göre ikinci grubun ortalama değeri birinci grubun ortalama değerine göre daha yüksektir. % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongalardan üretilen levhalar % 7,530 rutubet değeri ile % 2 NaOH derişimi uygulanmış yongalarından üretilen levhalar ise % 8,547 rutubet değeri ile ortak homojen gruplar içerisinde yer almıştır

Bu çalışmada Üretilen kontrol levhalarının ve farklı NaOH derişimleri uygulanmış levhaların su alma değerleri % 118 ile % 153 arasında bulunmuştur. Su alma değerleri, Güntekin (2012)'e göre kızılçam yongalarından üretilen levhalarda % 121 iken, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda % 177 olarak belirlenmiştir.

Su alma değerlerinin istatistiksel incelenmesinden sonra elde edilen levhaların beş ayrı homojen grup oluşturduğu saptanmıştır. Birinci grupta kontrol ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış, ikinci grupta % 1 ve % 2 NaOH derişimi uygulanmış, üçüncü grupta % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış, dördüncü grupta % 3 ve % 4 NaOH derişimi uygulanmış, beşinci grupta ise sadece % 5 NaOH derişimi uygulamasından sonra elde edilen levha değerleri yer almıştır. Özellikle % 123 değeri ile % 1 NaOH derişimi uygulamasından sonra elde edilen levhanın kontrol levha değeri ile aynı homojen grupta bulunması ve en düşük değerli grup olması dikkat çekicidir.

Literatürde kalınlığına şişme değerleri kızılçam yongalarından üretilmiş levhalarda % 30, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda ise % 47 olarak elde edilmiştir (Güntekin, 2012). Üretilen kontrol levhalarının ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhaların kalınlığına şişme değerleride bu değerlerle benzerlik göstermiştir. Kontrol ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhaların kalınlığına şişme değerleri % 29,590 ile % 54,505 arasındadır. Kontrol levhasıyla karşılaştırıldığında ise NaOH derişimi uygulamasıyla birlikte levhaların kalınlığına şişme değerlerinde NaOH derişim uygulamalarıyla orantılı olarak artış gözlenmiştir.

Kalınlığına şişme değerlerine uygulanan istatistiksel değerlendirmeden sonra elde edilen sonuçlarda kontrol, % 1 ve % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalar birinci homojen grupta % 1, % 2, % 3 ve % 4 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ikinci homojen grupta, % 5 NaOH derişimi uygulamasından sonra elde edilen levha değerleri ise üçüncü homojen grupta yer almıştır. Birinci gruptan üçüncü gruba ilerledikçe ortalama yüzdesel değerlerde artış olduğu

belirlenmiştir. Birinci grup ile ikinci grup değerleri arasındaki ortalama yüzdesel fark % 9,49 iken, ikinci ile üçüncü grup değerleri arasındaki ortalama yüzdesel fark ise, % 32,64 dür. % 1 ve % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalardan elde edilen ortalama değerlerin (% 34,612 ve % 35,498) ve kontrol levhasından elde edilen değer (% 29,59) düşük değerlere sahip homojen grupta yer alması gözönüne çıkmıştır.

Rutubet, su alma ve kalınlığına şişme değerlerindeki yükseliş, selüloz molekülündeki molekül içi ve moleküller arası hidrojen köprü bağlarıyla ilgili olup, % 1, 2, 3, 4 ve 5 NaOH derişim uygulamaları sonucunda derişim artışıyla birlikte hidrojen köprü bağlarında sürekli bir kopmanın meydana gelmesiyle kristalit yapı bozulmakta ve OH grupları aktif hale geçmektedir (Ndazi vd., 2007a). Bu nedenle de selülozdaki serbest OH gruplarının artışıyla birlikte yongaların suyu tutma kabiliyetinin yükseldiği görülmektedir.

Renk ölçümlerinde L* (parlaklık/koyuluk) değerleri 0 ile 100 arasında bir değer olup 0 siyahlığı 100 ise beyazlığı temsil etmektedir. Rakam küçüldükçe parlaklığın azaldığı anlaşılmaktadır. Renk ölçümlerinin yapılmasından sonra levhalara ait L* (parlaklık/koyuluk) değerlerine bakıldığında % 1 NaOH derişimi uygulamasından sonra elde edilen levhaların 64,48 ortalama değer ile kontrol levhalarından (ortalama 58,57) daha parlak olduğu anlaşılmaktadır. Diğer uygulamadaki levhalarda ise önemli bir farklılaşma tespit edilememiştir.

a* kırmızılık (+)/yeşillik (-) ve b* sarılık (+)/mavilik (-) koordinatları arasında kalan bölgede CIE lab sistemine göre C* (metrik renk), değerine bağlı olarak h°(metrik renk açısı) değerinin daralması ile renkteki kırmızılık artmaktadır (Hunt 1995). Çalışmamızdaki tüm levha örneklerinin h° (metrik renk açısı) değerlerinin kırmızı bölgede yer aldığı görülmüştür.

L* (parlaklık/koyuluk), a* kırmızılık (+)/yeşillik (-) ve b* sarılık (+)/mavilik (-) değerleri kullanılarak levhaların renk sınıflandırılması (ΔE^*) gerçekleştirilmiştir. Buna göre yapılan istatistiksel değerlendirme sonucu % 2, %

3, % 4 ve % 5 NaOH derişim uygulaması yapılmış levhalar birinci homojen grupta yer alırken, % 1 ve % 2 NaOH derişim uygulaması yapılmış levhalardan elde edilen değerler diğer homojen grubu oluşturmuştur. Sadece % 2 NaOH derişim uygulaması yapılmış levhalara ait değerler her iki grupta yer almıştır. Birinci gruptan ikinci gruba geçilirken % 47,95'lik bir artış söz konusudur.

Eğilme direnci değerleri Güntekin (2012)'e göre kızılçam yongalarından elde edilen levhalarda 5,79 N/mm², % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda ise 10,44 N/mm² dir. Kontrol levhaları ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalar bu değerlerle karşılaştırıldığında bu değerlerle paralellik göstermiştir. Kontrol ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalardan ise 4,60 N/mm² ile 8,92 N/mm² aralığında değerler elde edilmiştir. En yüksek değer % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalar vermiş olup literatür değerlerine uyum göstermiştir.

İstatiksel açıdan eğilme direnci değerleri incelendiğinde dört homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir. % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levha değerleri birinci homojen grupta, kontrol ve % 3, % 4 NaOH derişimi uygulanmış levha değerleri ikinci homojen grupta, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhaların değerleri üçüncü homojen grupta yer alırken, % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhadan elde edilen değer tek başına dördüncü homojen grupta yer almıştır. % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar aynı grupta yer almış olup kontrol levhalarından daha düşük değerler göstermiştir. Birinci gruptan ikinci gruba geçişte % 15,80, ikinci gruptan üçüncü gruba geçişte % 13,27, üçüncü gruptan dördüncü gruba geçişte ise % 23,27'lik bir yüzdesel fark söz konusudur.

Eğilmede elastikiyet modülü yapılan çalışmada farklı derişimlerdeki NaOH uygulanmış levhalarda ve kontrol levhalarında 992,18 N/mm² ile 1613,93 N/mm² arasında değerler vermiştir. Literatürde ise, kontrol levhalarında 917N/mm², % 1 NaOH derişimi uygulanmış levhalarda ise 1874 N/mm² dir. (Güntekin, 2012). Elde edilen değerler literatür değerleriyle uyum göstermiştir.

Eğilmede elastikiyet modülüne uygulanan istatikselsel değerdendirmede elde edilen sonuçlarda üç farklı homojen grup oluşturulmuştur. Birinci grupta kontrol ve % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, İkinci grupta kontrol ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar, üçüncü grupta ise % 1, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar yer almıştır. Birinci grup ile ikinci grup arasındaki ortalama yüzdesel fark % 16,29 iken, ikinci ile üçüncü grup arasındaki yüzdesel fark % 14,02 dir. Birinci gruptan üçüncü gruba geçişte yüzdesel değerdelerde düşüş gözlenmiştir. % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalardan elde edilen ortalama değerdeler (1106,75 N/mm² ve % 992,18 N/mm²) kontrol levhasından elde edilen değerdeler ortalamasından (1225,59 N/mm²) daha düşük olup, en düşük değerdeleri vermişlerdir. Bunların aynı homojen grupta olmasıda dikkat çekmektedir.

Yüzeye dik çekme değerdeleri yapılan çalışmada 0,21 N/mm² ile 0,37 N/mm² aralığındadır. Güntekin (2012)'e göre kontrol levhalarında 0,49 N/mm², % 1 NaOH uygulanmış levhalarda 0,44 N/mm² dir. Yapılan karşılaştırma sonucunda ise elde edilen değerdeler literatüre göre daha düşük olup ancak çok fazla önem arz etmemektedir.

İstatikselsel olarak yüzeye dik çekme direnci değerdeleri incelendiğinde üç farklı homojen grup oluşturdukları gözlenmiştir. % 3, % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış levhalar birinci homojen grubu, % 1, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ikinci homojen grubu, kontrol ve % 1, % 2 NaOH derişimi uygulanmış levhalar ise üçüncü homojen grubu oluşturmuşlardır. Birinci gruptan üçüncü gruba geçişte yüzdesel değerdelerde düşüş gözlenmekte olup, birinci grup ile ikinci grup arasındaki ortalama yüzdesel fark % 22,70 iken, ikinci ile üçüncü grup arasındaki yüzdesel fark % 8,87 dir.

Mekanik sonuçlar incelendiğinde, NaOH derişimlerindeki artışla birlikte değerdelerde düşüş görülmüştür. Bunun nedeni olarak, alkali işlemlerin başta hemiselülozlar olmak üzere selüloz ve ligninin yapısı üzerine ve hücre çeperi içerisinde birbirleri ile olan ilişkilerine olan etkisi düşünülebilir (Ray ve Sarkar,

2001; Sarkar vd., 1948; Gassan ve Bledziki, 1999; Ndazi vd., 2005). Aynı zamanda alkalinin derişim artışına paralel olarak odun bileşenlerine olan etkisinin de yükseleceği bilinmektedir (Ndazi vd., 2007b). % 1 NaOH derişimi uygulamasıyla polimer yapılarda çok fazla bir etki oluşmamakla birlikte yüzeylerde meydana gelen hafif bozunmayla beraber pürüzlülükler oluşmuş ve iyi bir tutunma gerçekleşmiştir (Lopattananon vd., 2008; Ndazi vd., 2007a). % 1 NaOH uygulamasından itibaren derişim artışıyla hücre çeperi kimyasal yapısında bozulmaların gerçekleşmiş olabileceği ve bunun neticesinde iyi bir tutunmanın oluşmadığı ve eğilme direnci değerlerinin de düşüş gösterdiği söylenebilir.

Kırcı (1991) yaptığı çalışmada (*Pinus brutia* Ten.) örneklerinde ekstraktif madde miktarını % 5,8, lignin miktarını % 26,7 ve holoselüloz miktarını % 71,6 olarak tespit etmiştir.

Kontrole ait ekstraktif madde miktarı değeri % 5,06 olup Kırcı (1991) ile uyum göstermektedir. Kontrol ve farklı derişimlerdeki NaOH ile işlem görmüş yongalardaki ekstraktif madde miktarları % 3,24 ile % 5,06 arasında sıralanmıştır. İstatiksel bakımdan ekstraktif madde miktarları değerlendirildiğinde üç farklı homojen gruplaşma söz konusu olmuştur. Bunlar, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongaların grubu, % 2 NaOH derişimi uygulanmış yongaların grubu, kontrol yongaları ve % 1 NaOH derişimi uygulanmış yongaların grubu şeklindedir. Uygulanan NaOH işleminin konsantrasyonu artıkça yongalardaki ekstraktif madde miktarında azalma görülmüştür. Birinci grup ve ikinci grup arasındaki ortalama yüzdesel fark % 10,93, ikinci grup ile üçüncü grup arasında ise ortalama yüzdesel fark % 33,80 şeklindedir. Birinci gruptan üçüncü gruba geçişte ekstraktif madde miktarında artış gözlenmiştir.

Kontrol yongalarının lignin değeri % 26,42 şeklinde tespit edilmiş olup yine Kırcı (1991) ile paralellik göstermektedir. Çalışmamızdaki yongalardaki lignin değerleri % 25,77 ile % 26,42 arasında yer almıştır. Lignin değerleri istatiksel

bakımdan üç ayrı homojen grup meydana getirmiştir. % 4 ve % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongalardaki lignin değerleri birinci grupta, % 1, % 2, % 3 ve % 4 NaOH uygulanmış yongalardaki lignin değerleri ikinci grupta ve kontrol yongalarındaki lignin değerleride üçüncü grupta yer almıştır. Ortalama yüzdesel fark birinci grup ile ikinci grup arasında % 0,82, ikinci ile üçüncü grup arasında % 1,32 birinci ile üçüncü grup arasında ise % 2,12 şeklindedir. Uygulanan NaOH' in derişimi artıkça lignin değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Kontrol yonga değerine ait olan holoselüloz miktarı % 70,13 olup Kırcı (1991)'nin holoselüloz miktarı ile eşdeğerdedir. Çalışmamızdaki yongaların holoselüloz değerleri % 70,13 ile % 72,99 arasında değişmektedir. İstatiksel bakımdan holoselüloz değerleri dört ayrı homojen grupta toplanmıştır. Birinci grup kontrol yonga değerlerinden, ikinci grup % 1 NaOH yonga değerlerinden, üçüncü grup % 2 ve % 3 NaOH yonga değerlerinden, dördüncü grup ise % 3, % 4 ve % 5 NaOH yonga değerlerinden oluşmuştur. Ortalama yüzdesel fark birinci grup ile ikinci grup arasında % 1,39, ikinci ile üçüncü grup arasında % 1,65, üçüncü ile dördüncü grup arasında % 0,58, birinci gruptan dördüncü gruba geçişte ise % 3,58 şeklindedir. Uygulanan NaOH derişimleri artıkça holoselüloz değerlerinde de artış saptanmıştır.

Odun kimyasal bileşenlerinden hemiselülozlar ve ligninin alkali uygulamalara karşı diğer bileşenlere oranla çok daha hassas oldukları bilinmektedir (Ray ve Sarkar, 2001; Sarkar vd., 1948; Gassan ve Bledziki, 1999; Ndazi vd., 2005). Bu durum özellikle alkali işlem görmüş yongalarda selüloz (Ndazi vd., 2007b) buna bağlı olarak olarak holoselüloz ve ekstraktif madde oranlarında göreceli olarak artış sağlamaktadır.

FTIR spektrumundaki 3400 cm^{-1} civarındaki pik hidroksil (-OH) grubuna ait bantdır (Pandey, 1999; 2005). Kimyasal ön işlemlerle örneklerdeki OH grubu miktarının artması fiziksel ve mekanik özellikleri etkilemektedir (Pan vd., 2007; Yaşar vd., 2010). Lignoselülozik materyaldeki ana kimyasal bileşenler prensip olarak polisakkaritler (selüloz ve hemiselülozlar), lignin ve ekstraktiflerden

meydana gelir (Rowell, 1983; Fengel ve Wegener, 1984) ve bünyelerinde –OH grubu içerirler. Çalışmamızda kontrol ve farklı NaOH derişimleriyle işlem görmüş yongaların FTIR spektrumlarına bakıldığında kontrol yongalarına ait –OH grubu pik değeri ile % 1 NaOH ile işlem görmüş yongalara ait pik değeri keskin bir fark olup artış söz konusudur. Ancak % 1 NaOH uygulamasından % 5 NaOH uygulamasına doğru ilerledikçe artış minimal düzeyde gerçekleşmekte hatta % 3, % 4 ve % 5 NaOH yongalarına ait değerlerinde belirgin bir farklılaşmaya rastlanmamaktadır.

Termal analizlerde Tutuş vd. (2010), sarıçam odunları için odun unu bozunma sıcaklığı 360 °C'de gerçekleşirken, bozunmadan kalan kısmı % 13,59 bulmuşlardır. Odun bileşenleri selüloz, holoselüloz ve ligninde ise sırasıyla bozunma sıcaklıkları 340 °C, 310 °C ve 360 °C'de gerçekleşmiş ve kalan kısımlar % 20,68, % 13,82 ve % 55,74 olarak belirlenmiştir. Gürkahraman ve Pehlivan (1999)'ın yaptıkları çalışma da kavak odunu, selüloz, 70°C'de etil alkol ile kavak odununun ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstrakt, 30 °C'de etil alkol ile kavak odununun ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstrakt ve kavak odununun etil alkol ile soxhlet ekstraktının başlangıç parçalanma sıcaklıkları sırasıyla, 206,7 °C, 201,8 °C, 156,5 °C, 139,8 °C ve 121,7 °C iken son parçalanma sıcaklıkları 490,5 °C, 525,6 °C, 800 °C, 750 °C ve 800 °C'dir. Her iki parçalanma sonucunda oluşan toplam ağırlık kayıpları ise sırasıyla % 92,76, % 92,27, % 98,5, % 99,8 ve % 82,52 dir. Taşar vd. (2011), meşe, çam ve kayın odunlarının termal bozunma bölgesindeki başlama ve bitiş sıcaklıklarını sırasıyla 653 °C ve 743 °C olarak belirlemişlerdir. Gronli vd. (2002), sert odunlardan kayın, kızılğaç, huş, meşe ve yumuşak odunlardan duglas göknarı, iki çam türü, sekoya ve ladin odunlarını kullanılarak termogravmetrik özelliklerini incelemişler ve sert odunlar için başlangıç sıcaklıkları 506-513 °C bozunma sıcaklıklarını 611-626 °C olarak belirlemişlerdir. Yumuşak odunlarda ise, başlangıç sıcaklıkları 523-533 °C, bozunma sıcaklıkları 607-631 °C şeklinde elde edilmiştir.

Çalışmamızda yapılan termal analizlerde ise kontrol ve % 1, % 2, % 3, % 4, % 5 NaOH derişimi uygulanmış yongaların sırasıyla, başlangıç parçalanma sıcaklıkları 260,82 °C, 253,53 °C, 248,16 °C, 240,61 °C, 230,90 °C ve 245,99 °C iken son parçalanma sıcaklıkları 458,80 °C, 338,47 °C, 344,81 °C, 338,96 °C, 335,54 °C ve 335,07 °C dir. Her iki parçalanma sonucunda kalan kısımlar ise sırasıyla % 1,6, % 22,1, % 21,4, % 20,7, % 10 ve % 22,1'dir. Sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında ise daha düşük termal kararlılığa sahip oldukları belirlenmiştir. Yine aynı şekilde NaOH derişimi uygulanmış yongaların termal kararlılığının az da olsa kontrol yongalarından daha düşük, ayrışma hızının ise daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak, levhaların fiziksel özellikleri (su alma, kalınlığına şişme) yongalara uygulanan NaOH derişimi arttıkça kontrol levhalarına oranla kötüleşmektedir. Mekanik özellikler (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci) değerlendirildiğinde % 1, % 2 ve % 3 NaOH derişimi uygulanmış yongalardan üretilen levhalarda, kontrol levhalarına oranla eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde artış belirlenmiştir, ancak levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerinde uygulanan NaOH çözeltisinin derişimi arttıkça kontrol levhalarına oranla azalma kaydedilmiştir.

Renk analizleri değerlendirildiğinde L* (parlaklık/koyuluk) değerlerinin levhalarda önem arz edecek derecede farklılık göstermediği görülmüştür, yine a* kırmızılık (+)/yeşillik (-) ve b* sarılık (+)/mavilik (-) değerlerine bakıldığında levhaların tümü kırmızı bölgede yer almıştır.

Yongalara uygulanan NaOH derişiminin artmasıyla holoselüloz değerlerinde kontrol yongalarından itibaren artış, buna karşın ekstraktif madde ve lignin miktarında sürekli bir azalış belirlenmiştir. Bu durum özellikle levhaların fiziksel özelliklerinin kötüleşmesi ile doğru orantılı gerçekleşmektedir. Ancak yongaların kimyasal kompozisyonu ile levhaların mekanik özellikleri arasında açık bir ilişki gözlenmemiştir.

TGA analizlerine bakıldığında NaOH derişimi uygulamalarından elde edilen yongaların kontrol yongalarına oranla daha düşük termal kararlılığa sahip olduğu görülmüş olup, bu durum literatürle (Ndazi vd., 2007b) paralellik göstermektedir. Yine NaOH derişimi uygulanmış yongaların ayrışma hızının kontrol yongalarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Çalışmamız sonucunda, kullanılacak yongalevhelerde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün yüksek değerlere sahip olması arzulandığında yongalara % 1 NaOH ön işleminin uygulanabileceği saptanmıştır. % 1 NaOH uygulamasından itibaren derişim oranı arttıkça mekanik özelliklerdeki kötüleşmenin görülmesi, alkali ön işlemlerin yonga levhalar üzerine daha belirgin bir etkisinin tespit edilebilmesi açısından daha düşük derişim artışlarıyla %0 ile %1 NaOH aralığında çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adul Khalil, H.P.S., Issam, A.M., Ahmad Shakri, M.T., Suriani, R., Awang, A.Y., 2007. Conventional Agro-Composites from Chemically Modified Fibres, Industrial Crops and Products, 26, 315-323.
- Agarwall, S., C., Kohki, K., Shukla N.K., Kumar, S., 1995. Mecanical Properties of Wood Acetylated with Tioacetic Acid. Journal of the Indian of Wood Science, 16 (2), 61-67.
- Alma, M. H., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ., Tutus, A., 2004. Properties of cotton carpel-based particleboard. Industrial crops and products, 22, 141-149.
- Alma, M. H., Tutuş, A., Acemioğlu, B., Şamil, A., Bektaş, İ., 2008. Borlu Fenol Formaldehit Reçineleri ile Muamele Edilen Odun Talaşlarından Dayanıklı Kompozitlerin Üretimi. Proje No: 105M367, Ankara.
- Anonim, 2011. Erişim tarihi: 18.02.2011. <http://www.laboratuvar.ozbal.com>
- Anonim, 2011. Erişim Tarihi: 20.05.2011. <http://w3.gazi.edu.tr/web/nkaracan/inorglab/metaloksalat.pdf>.
- Anşin R., Terzioğlu, S., Evcin, M., 1993. Aydın-Çine Vadisi Kızılçam Ormanı Florası. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu, 35-42, Ankara.
- Anşin, R., Özkan, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Yayın No: 19, 167s, Trabzon.
- As, N., Akbulut, T., 1990. Odunun Fiziksel Özelliklerini İyileştiren İşlemler ve Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.
- Atchison, J.E., 1987. Data on Nonwood Plant Fibers, in Ed. Hamilton, F., The Secondary Fibers and Nonwood Pulping, Third Edition, Tappi Press, Atlanta, USA.
- Ay, N., 1996. Kızılçam Odununda Basınç Direnci Deneyi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Güz Yarıyılı Seminerleri, No: 1, 194-197, Trabzon.
- Aydın, A., 2005. Sahil Çamı (*Pinus Pinaster Ait.*) İbrelerinin Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilebilmesi İmkanları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 121s, Trabzon.
- Batalla, L., Nunez, A. J., Marcovich, N. E., 2005. Particleboards from Peanut-Shell Flour. Published Online in Wiley Inter Science, 97, 916-923.

- Baysal, E., Yalınkılıç, M.K., Çolak, M., Göktaş, O., 2003. Combustion Properties of Calabrian Pine [*Pinus brutia* Ten.] Wood Treated with Vegetable Tanning Extracts and Boron Compounds. Turk J. Agriculture Forest, 27, 245-252.
- Bektaş, İ., Alma, M. H., As, N., Gündoğan, N., 2003. Relationship Between Site Index And Several Mechanical Properties of Turkish Calabrian Pine [*Pinus Brutia* Ten.]. Forest Products Journal, 53, 2, 27-31.
- Bektaş, İ., Guler, C., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F., Nacar, M., 2005. The Manufacture of Particleboards using Sunflower Stalks and Poplar Wood. Journal of Composite Materials, 39, 467-473.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:1448, İstanbul.
- Boonstra, M.J., Pizzi, A., Zomers, F., Ohlmeyer, M., Paul, W., 2006. The Effects of a Two Stage Heat Treatment Process on The Properties of Particleboard. Holz als Roh-und Werkstoff 64, 157-164.
- Bostancı, Ş., 1979. Türkiye Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Carr) Odununun Kimyasal Bileşimi ve Doğu Ladini ile Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nodrmaniana*) Yongalarından Elde Edilen Mekanik Kağıt Hamurunun Endüstride Kullanım Olanakları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:6, Trabzon.
- Bostancı, Ş., Adi Kızılağaç (*Alnus glutinosa* L. Gearth) Odununu Kağıt Endüstrisinde Değerlendirilme Olanakları. Tübitak Yayınları, TOAG-ORÜTAR Projesi No: 4, Ankara.
- Bostancı, Ş., Tank, T., Eroğlu, H., Enercan, S., 1985. Tütün Saplarının Kağıt Yapımında Değerlendirilmesi. Doğa Bilim Dergisi, D2, 9, 3.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1990. Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 413, 14, 170s, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., As, N., 1993. Datça Kızılçamında Anatomik ve Teknolojik Özellikler. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu, 18-23 Ekim, 628-635.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1995. Odun Anatomisi (İğne Yapraklı Odunlarda Tanıma Özellikleri). İstanbul Üniversitesi Basımevi, Yayın No: 6, 3907, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Orman Ürünlerinden Faydalanma. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:437, 404-422, İstanbul.
- BS 1811, 1969. Methods of Test for Wood Chipboards and Other Particleboards. British Standards Institution, London.

- Bueso, J.G., Westin, M., Torgilsson, R., Olesen, P.O., 1999. Composites made from acetylated lignocellulosic fibers of different origin. Holz als Rohund Werkstoff, 57, 433-438.
- Can, A., 2011. Endüstriyel Ölçekli Isıl İşlem ve Borlu Bileşiklerle Emprenyenin Odunun Bazı Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 144s, Trabzon.
- Chauhan, S.S., 2001. Aggarwal, P., Karmarkar, A. ve Pandey, K.K., Moisture Adsorption Behaviour of Esterified Rubber Wood (*Hevea Brasiliensis*). Holz Als Roh-Und Werkstoff, 59, 250-253.
- Chow, P., Harp, T., Meimban, R., Younquist, J.A., Rowell, R.M., 1996. Effect of Acetylation on the Dimensional Stability and Decay Resistance of Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) Fiberboard. Document No: IRG/WP/96-40059.
- Clayton, D. W., 1969. The Chemistry of Alkaline Pulping. Pulp and Paper Manufacture. Mc Graw – Hill Book co., New York.
- Çalışkan, T., 1998. Hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve yapılacak çalışmalar. Türkiye’de Orman varlığı ve Ormancılık, Türkiye Orman Envanteri, Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 083, 129s, Ankara.
- Çaloğlu, Ü., 2007. Pamuk Saplarının Çeşitli Kimyasallarla Modifikasyonu ve Bu Modifikasyon Ürünlerinin Polietilen Esaslı Kompozitlerde Kullanımı. Kahraman Maraş Sütcü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Kahramanmaraş.
- Çavdar, A.D., Ertaş, M., Kalaycıoğlu, H., Alma, M., H., 2010. Some properties of thin medium density fiberboard panels treated with sunflower waste oil vapor. Meterails and Design, 31, 2561–2567.
- Çetin, N. S., Gültekin, G., Özmen, N., 2010. Saksanik Anhidrid Modifikasyonu ile Eucalpyptus Grandis (*W.Hill ex Maiden*) Diri Odununa Boyutsal Sabitlik Kazandırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, (IV), 1649–1657.
- Çolak, S., Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G., Okaliptus Ağacı Kabuklarından Üre Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Tutkallarıyla Üretilen Düşük Yoğunluktaki Levhaların Bazı Özelliklerinin Karşılaştırılması. Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Araştırma Dergisi, 1, 87-97.
- Çolakoğlu, G., Kalaycıoğlu, H., Örs, Y., 1993. Kızılçam Kabuklarının Yongalevha ve Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi. 700-709.

- Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M., Taşcıoğlu, C., 2007. Some Chemical Properties of Hazelnut Husk and Its Suitability for Particleboard Production. *Building and environment*, 42, 2568–2572.
- Dayanıklıoğlu, S., 2009. Türkiye’de Yongalevha ve Liflevha Sanayi Raporu. Yongalevha Sanayicileri Derneği.
- Deniz, İ., 1994. Buğday (*Triticum aestivum L.*) Saplarının Ön Desilikasyonu ve Bu işlemin O₂ - NaOH Kağıt Hamuru Üzerine Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 203 s, Trabzon.
- Dill, I., Salnikow, J., Kraepelin, G., 1984. Hydroxyproline-rich Protain Material in Wood and Lignin of *Fagus Sylvatica*. *Applied Environmental Microbiology* 48 (6), 1259-1261.
- Dizman, E., 2005. Kimyasal Modifikasyonun Kızılağaç ve Ladin Yongalevhalarında Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 185s, Trabzon.
- Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., 2004. Borik asit ve Boraks ile Muamele Edilen Kavak Yongalarından Üretilmiş Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. 2.Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül, Eskişehir, 351-356.
- Döry, K. L., 2004. 4. Avrupa Ahşap Esaslı Panel Sempozyumu, Hanover.
- Eroğlu, H., 1980. O₂ -NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum L.*) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 180s, Trabzon.
- Eroğlu, H., 1998. Liflevha Endüstrisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 304, Trabzon.
- Erten, P., Önal, S., 2001. Kızılçam Odunun Özellikleri Korunması reçine Üretimi ve Kullanım Yerleri. Ormançılık Araştırma Enstitüsü El Kitabı, Muhtelif Yayınları, 52s, Ankara.
- Fengel,D., Wegener, G., 1984. Wood – Chemistry, Ultrastructure, Ractions. Walter de Gruyter, Berlin.
- Frihart, R. C., Brandon, R., Ibach, R. E., 2004. Selectivity of bonding for modified wood. *Proceedings Annual Meeting of the adhesion society*. 329-331.
- Gassan, J., Bledzki, A. K., 1999. Alkali treatment of jute fibers. Relation between structure and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 71, 623- 629.

- Genç, M., 2004. Silvikültürün Temel Esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Dergisi, 44, 70-80, Isparta.
- Genç, M., Güner, T., Fakir, H., 1997. Afyon Çaldağı Kızılçam Meşçereleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Mühendisliği Dergisi, 6, 7-15, Isparta.
- Ghosh, S. C., Miltz, H., Mai, C., 2009. Naturel Weathreaing scot Pine (*Pinus sylvestris*) Boards Modified with Functionallised Commercial Silicena Emilsions. Bio Resources, 4 (2), 659-673.
- Gomez – Bueso, J., Westin,M., Torgilsson, R., Olesen, P.O., Simonson, R., 1999. Composites Made from Acetylated Lignocellulosic Fibers of Different Origin. Holz als Roh – und Werkstoff 57, 433-438.
- Göker, Y., As, N., Akbulut, T., Dündar, T., 2000. The Effects of Spiral Grain on Some Mechanical Properties of Calabrian Pine [*Pinus brutia* Ten.] Wood. Turk J. Agriculture Forest, 24 (1), 45-50.
- Gökşin, A., 2001. Kızılçamın Botanik Özellikleri. Kızılçam El Kitabı, 2, 13-14.
- Grexa, O., Lübke, H., 2001. Flammability Parameters of Wood Tested on Acone Calorimeter. Polymer Degradation and Stability, 74 (3), 183-191.
- Grigoriou, A., Passialis, C., Voulgaridis, E., 2000. Experimental Particleboards from Kenaf Plantations Grown in Greece. Holz als Roh-und Werkstoff, 58, 309-314.
- Gronli, M.G., Varhegyi, G., Blasi,C.D., 2002. Thermogravimetric Analysis and Devolatilization Kinetics of Wood. Industrial Engineering Chemistry Research, 41, 4201-4208.
- Guo, G., Rizvi, G.M., Park, C.B., Lin, W.S., 2004. Critical Processing Temperature in The Manufacture of Fine-Celled Plastic/Wood Fiber Composite Foams. Journal of Applied Polymer Science, 91, 621-629.
- Güler C., Bektas, İ., Kalaycıoglu, H., 2006. The Experimental Particleboard Manufacture from Sunflower Stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian Pine (*Pinus brutia Ten.*). Forest Production J., 56, 56-60.
- Güler, C., 2001. Pamuk Saplarından Yongalevha Üretimi Olanaklarının Araştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 150s, Bartın.
- Güler, C., Ozen, R., 2006. Some Properties of Particleboards Made from Cotton Stalks (*Gossypium hirsutum L.*). Holz als Roh- und Werkstoff, 62, 40-43.
- Güller, B., 2001, Odun Kompozitleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 135-160, Isparta.

- Gümüşkaya, E., 2002. Kendir (*Cannabis Sativa L.*) Soymuk Liflerinden Asidik ve Alkali Ortamlarda Üretilen Kağıt Hamurlarının Kimyasal ve Kristal yapı Özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 133s, Trabzon.
- Gündüz, G., Masraf, Y., 2005. Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 7, 8, 58-69.
- Güntekin, E., 2012. Kimyasal Ön İşlem Görmüş Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) Yongalarından Üretilen Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (1), 18-21.
- Güntekin, E., Karakus, B., 2007. Feasibility of using eggplant (*Solanum melongena*) stalks in the production of experimental particleboard. Industrial Crops and Products, Science Direct., 27, 354-358.
- Güntekin, E., Yaşar, S., Karakus, B., Arslan, M. B., 2009. Bazı Kimyasal Ön İşlemlerin Asma Budama Atıklarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 15, 45-49, Bartın.
- Gürkahraman, M., Pehlivan, D., 1999. Odunun Sabit Yatak ve Atmosferik Şartlarda Ekstraksiyonu. Journal of Engineering and Environmental Science. 23, 239-250.
- Hafızoglu, H., Usta, M., 2005. Chemical Composition of Coniferous Wood Species Occuring in Turkey. Holz als Roh-und Werkstoff, 63, 83-85.
- Hafızoğlu, H., Usta, M., Bilgin, O., 1997. Wood and Bark Composition of *Picea orientalis*.
- Halvarasson, S., Norgren, M., Edlund, H., 2005. Processing of wheat straw materials for the production of medium density fiberboard (MDF). 13th ISWFPC, 2, 623-629, Auckland, New Zealand.
- Hassel, R.L.,1991. Thermomechanical Analysis Instrumentation for The Characterization of Materials. American Laboratory, 23 (1), 30-40.
- Hill, C. A. S., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes. Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons Inc, Chichester, UK. 978-0-470-02172-9, 260.
- Hunt, R., W., 1995. Measuring Colour Secand Edition, (Ellis Horwood Series in Applied Science and Industrial tecnology), Ellis Horwood Limited.

- Huş, S., Tank, T., Göksel, E., 1975. Türkiye (Tarsus Karabucak)'de Yetişen Okaliptus (*E. Camaldulensis* Dehnh) Türü Odunlarının Morfolojik Yönden Etüdü ve Yarıkimyasal Sülülözün Kağıt Sanayisinde Değerlendirilme İmkanları. Tubitak Yayınları, Yayın No: 275, Ankara.
- Johansson, D., Moren, T., 2006. The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood. Holz als Roh- und Werkstoff, 64, 104-110.
- Kalaycıoğlu, H., 1991. Sahil Çamı (*Pinus Pinaster Ait.*) OdunlarınınYongalevha üretiminde kullanılması İmkânları, Karadeniz Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 144s, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H., 2006. Yongalevhanın Tarihi Gelişimi. Laminart, 46, 144-148.
- Kalaycıoğlu, H., Özen, R., 2012. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 330s, Trabzon.
- Kantarıcı, M. D., 1984. Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölümündeki Kızılçam Ağaçlandırmalarında Ekolojik Değerlendirmeler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A, 2, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D., 1998.Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar. Kızılçamın Hızlı Olan Bir Tür Olarak Yetiştirilmesinin Ekolojik Esasları, Orman Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın No:083, Ankara.
- Kartal, N. S., Clausen, C. A., 2001. Leacability and Decay Resistance of Particleboard Made from Acid Extracted and Bioremediated CCA-Treated Wood. International Biodeterioration and Biodegradation, 47,3. 183-191.
- Kayacık, H., 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, Açık Tohumlular (*Gymnospermae*).İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,(I), Yayın No, 281, İstanbul.
- Khalil Abdul, H.P.S., Issam, A.M., Ahmad Shaki, M.T., Suriani, R., Awang, A.Y., 2007. Conventional Agro-Composites from Chemicaly Modified Fibres Industrial Crops and Products. Science Direction, 26, 315-323.
- Khedari, J., Charoenvai, S., Hirublabh, J., 2003. New Insulating Particleboards From Durian Peel and Coconut Coir. Building and Envirmoent, 38, 435-441.
- Kılıç, A., Hafizoğlu, H., 2002. Metil metakrilat ile Muamele Edilen Bazı Ağaç Türlerinin Boyut Stabilazyonununun Arttırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 4 (4), 20- 27.

- Kılıç, A., Sariusta, S.E., Hafizoğlu, H., 2010. Sarıçam, Karaçam ve Kızılçam Basınç Odununun Kimyasal Yapısı. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12(18), 33-39.
- Kırcı, H., 1987. Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) Odununun Kağıt Endüstrisinde Değerlendirilme Olanakları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Kırcı, H., 1991. Alkali Sülfite Antrakinon Etanol (ASAE) Yöntemiyle Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) Odunundan Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kırcı, H., 1996. Soda Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis L.*) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 85s, Trabzon.
- Kırcı, H., Ateş, S., Boran, S., 2002. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra subsp. Pallasiana*) Odunlarının Asli Hücre Çeperi Bileşenlerinin Belirlenmesi ve Kağıt Hamuru Üretimine Uygunluğunun Araştırılması. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 15-18 Mayıs, Artvin, 3, 1057-1063.
- Konukçu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı, Yayın No,2630, Ankara.
- Künhe, G., Niemz, P., Wienhaus, O., Zangolies, P., 1981. Effect of Acetylation of Particles on the Properties of Particleboards. Holztechnologie, 22, 2, 67-69.
- Lee, S., Shupe, T. F., Hse, C. Y., 2006. Mechanical and Physical Properties of Agro-Based Fiberboard. Holz als Roh- und Werkstoff, 64, 74-79.
- Leiva, P., Ciannamea, E., Ruseckaite, R. A., Stefani, P.M., 2007. Medium-Density Particleboards from Rice Husks and Soybean Protein Concentrate. Journal of Applied Polymer Science, 106, 1301-1306.
- Li, J. Z., Furuno, T., Katoh, S., 2001. Preparation and Properties of Acetylated and Propionylated Wood-Silicate Composites. Holzforschung, 55, 93-96.
- Li, X., Cai, Z., Winandy, J. E., Basta, A. H., 2011. Effect of Oxalic Acid and Steam Pretreatment on the Primary Properties of UF-bonded Rice Straw Particleboards. Industrial Crops and Products
- Lopattananon, N., Payae, Y., Seadan, M., 2008. Influence of Fiber Modification on Interfacial Adhesion and Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber-Epoxy Composites. Journal of Applied Polymer Science, 110, 433-443.
- Mahlberg, R., Paajanen, L., Nurmi, A., Kivisto, A., Koskela, K., Rowell, R. M., 2001. Effect of Chemical Modification of Wood On The Mechanical and

Adhesion Properties of Wood Fiber/Polypropylene Fiber and Polypropylene/Veneer Composites. Holz Als Roh- Und Werkstoff.

- Maloney, T., 1977. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Publications, San Francisco-California.
- Mantanis, G., Berns, J., 2001. Strawboards Bonded with Urea-Formaldehyde Resins. Proceedings of the Washington State University International 35th Particleboard Composite Materials, Composite Materials Symposium 137 p.
- Menezzi, D., 2008. Relationship between Color Modification and Dimensional Stability Improvement of a Thermally Treated OSB. Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology, Concepción, CHILE.
- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Yayın No,32, 210, Trabzon
- Militz, H., 1991. Improvement of the Shrinking and Swelling Behaviour and Durability of Wood by Treatment with Non-Catalysed Acetic Anhydride. Holz als Roh-und Werkstoff, 49, 4, 147-152.
- Mistepe, U., M., 2006. Türkiye Dünya AT Ülkeleri ve Diğer Avrupa Ülkeleri Odun Kökenli Levha Sanayisinin Karşılaştırılması. Arupa Gümrük Birliği Sürecinde Orman Ürünleri Sanayi Teknik Kongresi, 23-25 Kasım, 72-98.
- Mo, X., Cheng, E., Wang, D., Sun, X.S., 2003. Physical Properties of Medium Density Wheat Straw Particleboard Using Different Adhesive. Industrial Crops and Production, 18, 47-53.
- Mohebbi¹, B., Hadjihassani, R., 2008. J.Agriculture Science Technology, 10, 157-163.
- Ndazi, B. S., Tesha, J. V., Nyahumwa, C., Karlsson, S., 2005. Effect of steam curing and alkali treatment on properties of rice husks.
- Ndazi, B., Tesha, J. V., Bisanda, E., T., N., 2006. Some Opportunities and Challenges of Producing Bio- Composites from Non-Wood Residues. J.Mater Science, 44, 6984-6990.
- Ndazi, B. S., Karlsson, S., Tesha, J. V., Nyahumwa, C. W., 2007a. Chemical and physical modifications of rice husks for use as composite panels. Composites Part A, 38, 925-935.
- Ndazi, B. S., Nyahumwa, C., Tesha J., 2007b. Chemical and Thermal Stability of rice husk against alkali treatment, Bioresources, 3,4, 1267-1277.

- Nemli, G., 2000. Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 201s, Trabzon.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., 2000. Yongalevha Teknolojisi. Laminart, 7, 120-126.
- Nemli, G., Kırıcı, H., Serdar, B., Ay, N., 2003. Suitability of Kiwi Prunings for Particleboard Manufacturing. Industrial Crops and Products, 17, 39-46.
- Norimoto, M., Grill, J., 1993. Structure and Properties of Chemically Treated Woods, In Recent Research on Wood and Wood-based Materials.(Current Japanese Materials Research, 11), ed. Shiraishi N., Kajita, H., and Norimoto M., Elsevier Applied Science, 135-154.
- Ntalos, G., A., Grigoriou, A., H., 2002. Characterization and Utilisation of Vine Prunings as a Wood Substitute for Particleboard Production. Industrial Crops and Products, 16, 59-68.
- Ntalos, G., Papadopoulos, A., 2007. The Effect of Chemical Modification on Bonding Efficiency of Raw Material for Particleboard Manufacture. Cost Action E34 Workshop in Slovenia on Bonding of modified wood, 57-60.
- Öktem, E., 1987. Kızılçam El kitabı. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, No, 2, Ankara.
- Öktem, E., Sözen, M., Erten, A.P., 1993. Yatağan Yöresi Mevcut Çevre Kirliliği Şartlarında Kızılçam Odununun Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu, 18-23 Ekim, Marmaris, 636-647.
- Öner, N., Aslan, S., 2002. Titrek Kavak Odununun Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 135-46.
- Örs Y., Akyıldız, M. H., 2004. Türkiye Yongalevha Endüstrisinin Dış Ticaret Durumu. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 4,1, 58-80.
- Özdemir, T., 1977. Antalya Bölgesi Kızılçam Ormanlarının Tabii Gençleştirme İmkanları Üzerinde Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12, 2, 88-89, İstanbul.
- Özden, R., 1980. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Notları, Yayın No, 30, Trabzon.
- Pan, M.i., Lian, H., Zhou, D., 2007. Chemical Characteristics of Straw Fiber and Properties of Straw Fiberboard with Different Pretreatments .Frontier of Forestry in China, 2(2), 238-240.

- Pandey, K.K., 1999. Study of Chemical Structure of Soft and Hardwood and Wood Polymers by FTIR Spectroscopy. *Journal Application Polymer Science*, 71, 1969-1975.
- Pandey, K, K., 2005. Study of The Effect of Photo- Irradiation on The Surface Chemistry of Wood. *Polymer Degradation and Stability*, 90, 9-20.
- Papadopoulos, A., Traboulay, J., Hill, C.A.S., 2002. One Layer Experimental Particleboard from Coconut Chips (*Cocos nucifera L.*). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 60, 394-396.
- Papadopoulos, A.N., Gkaraveli, A., 2003. Dimensional Stabilisation and Strenght of Particleboard by Chemical Modification with Propionic Anhydride. *Holz Als Roh Und Werkstoff*, 61, 2, 142-144.
- Papadopoulos, A.N., Traboulay, E., 2002. Dimensional Stability of OSB Made From Acetylated Fir Strands. *Holz Als Roh Und Werkstoff*, 60, 84-87.
- PUC-Rio, Rio de Janeiro., 2005. Non- Conventional Materials and Technologies. November 11-15, Brazil, ISBN 85-98073-05-9.
- Ray, D., Sarkar, B. K., 2001. Characterization of alkali-treated jute fibers for physical and mechanical properties, *Journal of Applied Polymer Science*, 80, 1013- 1020.
- Rowell, R. M., 1983. Chemical modification of wood. *Forest Production Abstract*, 6, 363-382.
- Rowell, R.M., 1985. *The Chemistry of Solid Wood*. Advances in Chemistry Series, No, 207, American Chemical Society, Washington
- Rowell, R. M., 1988. IUFRO Wood Protection Subject Group. Honey Harbor Ontario Canada, Canadian Forestry Service, 238-266.
- Rowell, R.M., Tilman, A.M., Zhengtian, L., 1986. Dimensional Stabilization of Flakeboard by Chemical Modification. *Wood Science and Technology*, 20, 83-95.
- Rowell, R.M., Norimoto, M., 1987. Acetylation of Bamboo Fiber. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 33,11, 907-910.
- Rowell, R.M., Norimoto, M., 1988. Dimensional Stability of Bamboo Particleboards Made from Acetylated Particles. *Mokuzai Gakkaishi Journal of the Japan Wood Research Society*, 34,7, 627-629.
- Rowell, R. M., Keany, F. M., 1991. Fiberboards Made From Acetylated Bagasse Fiber. *Wood and Fiber Science*, 23, 1, 15-22.

- Rowel, R. M., 1992. Opportunities for Lignocelulosic Materials and Composites. Emerging Technologies for Materials and Chemicals from Biomass Proceedings of Symposium, August 26-31, Washington American Chemical Society; Chapter 2 ACS Symposium Series 476 s.
- Rowell, R.M., Young, R.A., Rowell, J.K., eds 1996. Paper and composites from agro-based resources. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 446 s.
- Rowell, M. R., Pettersen, R., Han, J. S., Rowell, J. S., Tshabalala, M. A., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC press, 487 s.
- Sarkar, P. B., Mazumda, A. K., Pal, K. B., 1948. Hemicelluloses of jute fiber. Journal of the Textile Institute, 39, T44-T58.
- Seller, T., Miller, G. D., Fuller, M. J., Broder, J. G., Loper, R. R., 2005. Lignocellulosic-Based Composites Made of Core from Kenaf an Annual. Agricultural Crop, www.ersac.emn.edu.
- Singh, D., Dev, I., Kumar, S., 1992. Chemical Modification of Wood with Acetic Anhydride. Journal of the Timber Development Association of India, 38, 5-8.
- Sjöström E., 1981. Wood Chemistry. Academic Press London, New York, USA, 293 p.
- Stamm, A. J., 1965. Wood and Cellulose Science. Ronald Press, New York, 549 s.
- Sundqvist, B., 2002. Color Response of Scots Pine (*Pinus sylvestris*), Norway Spruce (*Picea abies*) and Birch (*Betula pubescens*) Subjected to Heat Treatment in Capillary Phase. Holz als Roh- und Werkstoff, 60, 106-114.
- Sundqvist, B., Karlsson, O., Westermarck, U., 2006. Determination of Formic-Acid and Acetic Acid Concentrations Formed During Hydrothermal Treatment of Birch Wood and Its Relation to Colour Strength and Hardness. Wood Science Technol, 40, 549-561.
- Suttie, E., Thompson, J.H.R., 2001. Opportunities for UK Grown Timber: Wood Modification State of The Art Review. DTI Construction Industry Directorate and Forestry Commission, 203-343.
- Şenocak, M., 2006. Tıbbi Yayın Hazırlamada Özgün Teknik Öneriler. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri Araştırmalar ve Etik Sempozyumu, Mayıs 2006, İstanbul, 50, 19-35.
- Tank, T., 1964. Türkiye Göknaar Türlerinin Kimyasal Bileşenleri ve Selüloz Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkânı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A (14), İstanbul.

- Tank, T., 1978. Türkiye Kayın ve Gürgen Türlerinin Nötral Sülfite Yarıkimyasal (NSSC) Metodu ile Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No, 2326/231, İstanbul.
- Tank, T., 1980. Selüloz Üretimi Bakımından Doğu Çınarı (Platanus orientalis L.) Odununun Bazı Önemli Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 2779/290, 77s, İstanbul.
- Taşar, Ş., Erşen, T., Duranay, N., Yılgin, M., 2011. Farklı Odun Türlerinin İzotermal Olmayan Şartlarda Piroliz Kinetiğinin İncelenmesi. 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 16-18 Mayıs, Elazığ.
- Temiz, A., Yıldız, U. C., Aydın, İ., Eikenes, M., Alfredsen, G., Çolakoğlu, G., 2005. Surface Roughness and Color Characteristics of Wood Treated with Preservatives after Accelerated Weathering test. Applied Surface Science, 250, 35-42.
- Tomak, D. E., Yıldız, Ü.C., 2010. Odunun Kimyasal Modifikasyonu. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, (iv), 1681-1690.
- TS 1351, 1973. Lif yonga odunu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 309, 1999. Ahşap yongalevhalar tarif ve sınıflandırma. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuğtekin, E., 1993. Cennet Ağacı (Ailanthus altissima Mill. Swingle) Odunu Kağıt Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Tutuş, A., Kurt, R., Alma, H. M., Meriç, H., 2010. Sarıçam odununun kimyasal analizi ve termal özellikleri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, (iv), 1845-1851.
- Türkmen, H., 1993. Türkiye Kızılçam (P. Brutia Ten.) Ormanlarının Verim Potansiyeli. 606-612.
- Usta, M., 1985. Soda-Oksijen Yöntemiyle Çavdar (Secale cereale L.) Saplarından Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133s, Trabzon.
- Usta, M., 1989. Sülfite Pişirmesinde Açığa Çıkan Toplam İndirgenmiş Kükürt (TRS) Bileşiklerinin Oksijenle Yükseltgenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon
- Usta, M., Kırıcı, H., Eroğlu, H., 1990. Soda-Oxygen Pulping of Corn Stalks (Zea mays indurata Sturt.). Tappi Pulping Conference, October, Canada, 307-312.

- Var, A. A., Yıldız, Ü. C., Kalaycıoğlu, H., 2002. Effects of Various Timber Preserve on Mechanical Properties of Particleboard. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 19-38.
- Wang, F., Yu, J., 1993. A Method to Improve Dimensional Stability of PF-Particleboard. J. Northeast Forest University 4,(2).
- Wise, E.L., Karl, H.L., 1962. Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology. Edited by C. Earl Libby, Mc Graw Hill Book Co., 1, New York.
- Wu, Q., Mei, C., Zhou, X., Sun, D., Zheng, Y., Xu, X., 2001. Comparative Properties of Bagasse Particleboard. Symposium on Utilization of Agricultural and Forestry Residues, 31-November, 3. Nanjing Forestry University, Nanjing, China, 277-284 p.
- Xu, J., Sugawara, R., Widyorini, R., Han, G., Kawai, S., 2004. Manufacture and Properties of Low-Density Binderless Particleboard from Kenaf Core. Journal of Wood Science, 50, 62-57.
- Yalınkılıç, M. A., Imamuraa, Y., Takahashi, M., Kalaycıoğlu, H., Nemli, G., Demirci, Z., Özdemir, T., 1998. Biological Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Waste Tea Leaves. International Bio deterioration, 41, 75-84.
- Yaltırık, F., Efe, A., 2000. Dendroloji Ders Kitabı (*Gymnospermae Angiospermae*). 2. Baskı, Yayın No, 465/4265, İstanbul.
- Yaşar, S., Güntekin, E., Cengiz, M., Tanrıverdi, H., 2010. The Correlation of Chemical Characteristics and UF Resin Ratios to Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Vine Prunings. Scientific Research and Essays, 5 (8), 737-741.
- Yener, G., As, N., Kalaycıoğlu, H., Akbulut, T., 1993. Kızılçam ve Huş Odunu Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. 692-699.
- Yıldız, S., Yıldız, Ü. C., Tomak, D. ,E., 2010. Yeni Nesil Su Bazlı Mikro-Emülsiyon Sistem Formülasyonlarla Muamele Edilen Doğu Kayınının Bazı Fiziksel Özellikleri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs Artvin, (IV), 1691-1702.
- Yıldız, Ü. C., 1992. Ağaç Malzemenin Yapısında Meydana Getirilen Değişikliklerle Bazı Teknolojik Özelliklerinin İyileştirilmesi. ORENKO 92 Bildirileri, 1, 412-424.
- Yıldız, Ü. C., 1993. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odunundan Elde Edilen Odun-Polimer Kompozitlerinin Bazı Teknolojik Özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, 670-677 Trabzon.

- Yıldız, Ü.C.,1994. Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun-Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 296s, Trabzon.
- Zaidon, A., Norhairul Nizam, A.M., Mohd Nor, M.Y., Abood, F., Paridah, M. T., Nor Yuziah, M.Y., Jalaluddin, H., 2007. Properties of Particleboard Made from Pretreated Particles of Rubberwood EFB and Rubberwood-EFB Blend. *Journal of Applied Science*, 7 (8), 1145-1151.
- Zaidon, A., Rayehan, H., Paridah, M. T., Nor Yuziah, M. Y., 1998. Incorporation for a Preservative in Particleboard: Properties and Durability. *Pertenica J.Trop Agriculture.Science*, 21 2, 83-92.
- Zhang,Y., Lu, X., Pizzi, A., Delmotte, L., 2003. Wheat Straw Particleboard Bonding Improvements by Enzyme Pretreatment. *Holz als Roh-und Werkstoff* 61, 49-54.
- Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., Jenkins, B. M., Blunk, S., 2007. Particleboard Quality Characteristics of Salina Jose Tall Wheatgrass and Chemical Threatment Effect . *Science Direct Bioresource Technology*, 98, 1304–1310.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Beyhan KARAKUŞ YET



Doğum Yeri ve Yılı : Eğirdir, 1981

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : bkarakus@kastamonu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Isparta Gazi Süper Lisesi, 1999

Lisans : KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Orma A.Ş. Isparta 2005 – 2008

MAKÜ Burdur MYO (Öğr. Elm.) 2008 - 2009

HÜ Şanlıurfa MYO (Öğr. Elm.) 2009 – 2011

KÜ Tosya MYO (Öğr. Gör.) 2011 -(halen)

Yayınları

Güntekin, E., and **Karakus, B.**, 2008. Feasibility of using eggplant (*Solanum melongena*) stalks in the production of experimental particleboard. *Industrial Crops and Products*, 27, 354-358.

Guntekin, E., Üner, B., Sahin, H.T., and **Karakus, B.**, 2008. Pepper Stalks (*Capsicum annuum*) as Raw Material for Particleboard Manufacturing. *Journal of Applied Sciences*, 8 (12), 2333-2336.

- Guntekin, E., Uner, B., and **Karakus, B.**, 2009. Chemical composition of tomato (*Solanum lycopersicum*) stalk and suitability in the particleboard production. *Journal of Environmental Biology*, 30(5), 731-734
- Yaşar, S., Fakir, H., Erbaş, S., **Karakuş, B.**, 2011. Volatile Constituents of *Calamintha nepeta* (L.) Savi subsp. *glandulosa* (Req.) P.W. Ball. and *Calamintha nepeta* (L.) Savi subsp. *nepeta* from Mediterranean Region in Turkey: *Asian J.Chem*, 23 (8), 3765-3766.
- Güntekin, E., **Karakuş, B.**, Aslan, M.B., 2007. Kızılçamdan Üretilen OSB Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. *Ahşap Teknik Dergisi*, 15.
- Aslan, M. B., **Karakus, B.**, ve Güntekin, E., 2007. Tarımsal Atıklardan Lif ve Yonga Levha Üretimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 54-62.
- Güntekin, E., Yaşar, S., **Karakuş, B.**, Arslan, M.B., 2009. Bazı Kimyasal Ön İşlemlerin Asma Budama Atıklarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15), 45-49.
- Karakus, B.**, Akyildiz, M.H., 2012. Fir Wood Properties and Uses. 14th International Fir Symposium, September 12-14, Kastamonu-Turkey.
- Karakuş, B.**, Karamanoğlu, M., 2013. Kompozit Malzemelerde Yapışma Direncine Etki Eden Faktörler. II. Ulusal Mobilya Kongresi, Nisan 11-13, 9-18, Denizli.
- Sütçü, A., Keskin, H., Demirgil, H., Sezgin, A., Dulupçu, M.A., **Karakuş, B.**, Demirel, O., Şentürk, C., ve Çakmakçı, H.A., 2008. Isparta Orman Ürünleri Endüstrisi Sektörünün Araştırılması. Isparta Valiliği Sanayi ve Ticaret Müdürlüğü ile Isparta Ticaret ve Sanayi Odası Yayını, Isparta.