

**BORAKS VE BORİK ASİT İLE EMPRENYE
EDİLMİŞ VE ISIL İŞLEME TABİ TUTULMUŞ KAYIN
ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

Okan ÇITAK

**BORAKS VE BORİK ASİT İLE EMPRENYE EDİLMİŞ VE ISIL İŞLEME
TABİ TUTULMUŞ KAYIN ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Okan ÇITAK

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2012**

Okan ÇITAK tarafından hazırlanan “BORAKS VE BORİK ASİT İLE EMPRENYE EDİLMİŞ VE ISIL İŞLEME TABİ TUTULMUŞ KAYIN ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL



Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/ 01/ 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Şeref KURT (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SİVRİKAYA (BÜ)



...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Okan ÇITAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BORAKS VE BORİK ASİT İLE EMPRENYE EDİLMİŞ VE ISIL İŞLEME TABİ TUTULMUŞ KAYIN ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Okan ÇITAK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç.Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

Ocak 2012, 85 sayfa

Bu çalışmada, boraks ve borik asit ile emprenye edildikten sonra ısıl işleme tabi tutulmuş Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Kayın odunundan hazırlanan deney örnekleri önce %2,5' luk boraks ve borik asit çözeltisi ile emprenye edildikten sonra üç farklı sıcaklıkta (170-190 - 210 °C) ve iki farklı sürede (4-8 saat) ısıl işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra deney örneklerinin ağırlık kaybı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci ve renk değişim değerleri belirlenmiş ve kontrol grubu deney örnekleri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybında bir düşüş gözlemlenmiştir. En az ağırlık kaybı 170°C de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde görülürken, en yüksek ağırlık kaybı ise 210°C de ısıl işlem görmüş deney

örneklerinde görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direnci değerlerinin düştüğü ve boraksla empenye edilmiş deney örneklerindeki eğilme direncindeki düşüşün daha fazla olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş ve empenye edilmemiş deney örneklerinin elastikiyet modülü değerlerinin empenyelilerden daha düşük olduğu, 190°C'ye kadar elastikiyet modülünün arttığı; ancak, 210°C 'de ise önemli bir düşüşün olduğu tespit edilmiştir. Emprenye işleminin basınç direncini önemli oranda arttırdığı görülmektedir. 190°C'ye kadar liflere paralel basınç direncinde artış olduğu, ancak daha sonra tekrardan düşüş olduğu gözlenmiştir. Borik asitle muamele edilmiş ve ısıl işlem görmüş örneklerin boraksla muamele edilmiş örneklere oranla biraz daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Basınç direncinin, empenyeli ısıl işlem görmüş örneklerde daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş deney örneklerinde, sıcaklığın artmasına paralel bir renk değişiminin (renk koyulaşmasının) meydana geldiği belirlenmiştir. Toplam renk değişiminin empenyeli örneklerde daha az olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Emprenye, ısıl işlem, kayın, fiziksel ve mekanik özellikler.

Bilim Kodu : 711.3.023

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINING SOME PYHSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EAST BEECH WOOD (*Fagus Orientalis L.*) WHICH IS HEAT-TREATED AFTER IMPREGNATED WITH BORAX AND BORIC ACID

Okan ÇITAK

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Furniture and Decoration Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

January 2012, 85 pages

In this study, aims to investigate the change of some physical and mechanical properties of east beech wood (*Fagus Orientalis L.*) which is heat-treated after impregnation with borax and boric acid. Firstly beech wood that is impregnated with % 2,5 concentrated at borax and boric acid, then it was heat-treated at three different temperature (170-190-210°C) and for two different time duration (4-8 hours). Physical and mechanical properties such as loss of weight, resistance of bending, elastic module at bending and resistance of pressure end total color change are determined for tested samples. These properties are compared with control group samples.

As a result of study, when the heat treatment temperature increases, it has been observed decline in weight. Minimum of weight decline has been seen at heat treated

test samples at 170°C. Maximum of weight decline has been seen at 210°C. It has been determined that when the temperature and duration of heat treatment increase, resistance of bending values were decrease, but the more decline of bending resistance was observed in test samples which are impregnated with borax. It has been determined that, elasticity module values of test samples which are not been subjected to heat treatment and impregnation, are less than test samples that are subjected to impregnation. It has been identified that elasticity module of test specimens increases up to 190°C degrees, however, at the 210°C a significant decrease was found. Impregnation process is seen to increase significantly the resistance of the pressure. Parallel fibers that increase the pressure resistance up to 190°C, but after that point the decline has been observed. Boric acid treated and heat-treated samples showed higher, pressure resistance values than borax treated samples, it has been seen that impregnated heated samples gave higher values of pressure resistance. it colour change at the heat-treated samples is colour of change was occur in parallel with increase in the temperature. The total colour change was less in impregnated samples.

Key word : Impregnation, heat treatment, beech, physical and mechanical properties.

Science Code : 711.3.023

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca, yönlendirme ve bilgilendirmeleri ile yardımlarını esirgemeyen, Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi bölüm başkammını, Sayın Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ hocama çok teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi öğretim üyesi, çok kıymetli hocam Sayın. Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI'ya, Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN'a, Öğr. Gör. Ahmet MURATOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bugünlere gelmemde büyük emeği geçen, başta ailem olmak üzere bütün hocalarımın saygı ve hürmetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	1
1.1 GİRİŞ	1
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
BÖLÜM 2	10
GENEL BİLGİLER	10
2.1. AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ	10
2.1.1. Ahşap Malzemenin Üstün Özellikleri.....	10
2.1.2. Ahşap Malzemenin İstenmeyen Özellikleri	11
2.1.3. Ahşap Malzemenin Kimyasal Özellikleri	12
2.1.3.1. Selüloz.....	12
2.1.3.2. Hemiselüloz.....	12
2.1.3.3. Lignin.....	12
2.1.4. Ahşap Malzemenin Mekanik Özellikleri	13
2.2. AHŞAP MALZEMENİN EMPRENYE EDİLMESİ.....	13
2.2.1. Emprenye İle Odunun Anatomik Yapısı Arasındaki İlişki	14
2.2.2. Odunun Permabilitesi.....	17
2.3. EMPRENYE YÖNTEMLERİ.....	18
2.4. ISIL İŞLEMİN AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	18

	Sayfa
2.4.1. Isıl İşlemin Kimyasal Etkileri.....	19
2.4.1.1. Hemiselüloz.....	20
2.4.1.2. Selüloz.....	22
2.4.1.3. Lignin.....	23
2.4.1.4. Karbonlaşma ve Gazlaşma.....	24
2.4.2. Isıl İşlemin Fiziksel Etkileri.....	25
2.4.2.1. Ağırlık Kaybı ve Yoğunluk.....	25
2.4.2.2. Boyutsal Değişim.....	25
2.4.2.3. Renk.....	26
2.4.2.4. Isı İletkenliği.....	27
2.4.2.5. Denge Rutubet Miktarı (DRM).....	27
2.4.2.6. Koku Oluşumu.....	27
2.4.3. Isıl İşlemin Mekanik Etkileri.....	27
2.4.3.1. Eğilme Direnci.....	28
2.4.3.2. Direnç ve Yüzey Kabalığı.....	28
2.4.3.3. Şok Direnci.....	29
2.4.4. Isıl İşlemin Biyolojik Etkileri.....	29
BÖLÜM 3.....	30
MATERYAL VE METOD.....	30
3.1. MATERYAL.....	30
3.1.1. Ahşap Malzeme.....	30
3.1.2. Emprenye Maddeleri.....	33
3.1.2.1. Borlu Bileşikler.....	33
3.2. METOD.....	37
3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	37
3.2.2. Emprenye İşlemi.....	38
3.2.3. Retensiyon Miktarlarının Hesaplanması.....	39
3.2.4. Isıl İşlem Yöntemi.....	40
3.2.5. Ağırlık Kaybı.....	40
3.2.6. Eğilme Direnci.....	41
3.2.7. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	42

	<u>Sayfa</u>
3.2.8. Liflere Paralel Basınç Direnci	43
3.2.9. Renk Değişimi	44
3.2.10. Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi	45
BÖLÜM 4	46
BULGULAR	46
4.1. EMPRENYE ÇÖZELTİLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	46
4.2. EMPRENYE SONRASI ÖRNEKLERİN ABSORPLADIĞI EMPRENYE MADDESİ MİKTARLARI (RETENSİYON)	46
4.3. AĞIRLIK KAYBI	47
4.4. EĞİLME DİRENCİ	50
4.5. EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ	54
4.6. LİFLERE PARALEL BASINÇ DİRENCİ	59
4.7. RENK DEĞİŞİMİ (L*,A*, B*, ΔE*AB)	63
BÖLÜM 5	74
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
5.1. SONUÇLAR	74
5.2. ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	86

SEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Hemiselülozun olası deşredasyon oluşumu.....	21
Şekil 2.2. Selüloz yapısı.	23
Şekil 3.1. Kayın ağacı gövde yaprak ve çiçek görüntüsü.	31
Şekil 3.2. Doğu kayının mikroskobik görünüşü.	32
Şekil 3.3. Üniversal test cihazında eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi.	43
Şekil 3.4. Üniversal test makinesinde liflere paralel basınç direnci.	44
Şekil 3.5. Üç boyutlu CIE L*a*b* renk bölgeleri.	44
Şekil 4.1. Ağırlık kaybına ilişkin grafik.....	49
Şekil 4.2. Emprenyeli ve emprenyesiz odunun farklı ısıl işlem şartlarına bağlı olarak eğilme direnci değişimi	53
Şekil 4.3. Emprenyeli ve emprenyesiz odunun farklı ısıl işlem şartlarına bağlı olarak elastikiyet modülü değişimi	57
Şekil 4.4. Liflere paralel basınç direnci	62
Şekil 4.5. Teğet yönde renk değişim grafiği.	71
Şekil 4.6. Radyal yönde renk değişim grafiği.	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Doğu Kayını odununun teknolojik özellikleri.	32
Çizelge 3.2. Borik asitin kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	36
Çizelge 3.3. Boraksın kimyasal özellikleri.....	37
Çizelge 3.4. Deney örneklerinin gruplandırılması.....	38
Çizelge 4.1. Emprenye çözeltilerinin özellikleri.	46
Çizelge 4.2. Retensiyon miktarları.	47
Çizelge 4.3. Ağırlık kaybı (%).	47
Çizelge 4.4. Eğilme direnci değerleri.....	50
Çizelge 4.5. Eğilme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	51
çizelge 4.6. Eğilme direncine ait duncan sonuçları.	52
Çizelge 4.7. Farklı ısı işlem muamelesi gören emprenyesiz ve emprenyeli odunun elastikiyet modülü değerleri.....	55
Çizelge 4.8. Eğilmede elastikiyet modülüne ait çoklu varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 4.9. Elastikiyet modülüne ait duncan sonuçları.	57
Çizelge 4.10. Farklı ısı işlem muamelesi gören emprenyesiz ve emprenyeli odunun liflere paralel basınç direnci değerleri.....	59
Çizelge 4.11. Basınç direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 4.12. Liflere paralel basınç direncine ait duncan sonuçları.	61
Çizelge 4.13. Renk değişim değerleri.....	64
Çizelge 4.14. Renk L* varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.15. Renk L* Duncan sonuçları.....	67
Çizelge 4.16. Renk a* varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 4.17. Renk a* Duncan sonuçları.	69
Çizelge 4.18. Renk b* varyans analizi sonuçları.....	70
Çizelge 4.19. Renk b* Duncan sonuçları.	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

O ₂	: oksijen
CO	: karbon monoksit
°C	: santigrat derece
(σ _E)	: eğilme direnci
H ₂	: hidrojen
M ₀	: tam kuru ağırlık
M _r	: rutubetli ağırlık
M _s	: su miktarı
DRM	: denge rutubet miktarı

KISALTMALAR

Br	:Boraks
Ba	:Borikasit
ASTM	: American Society for Testing and Materials
mt	: teğet yön
mr	: radyal yön
L*	: renk ölçümünde ışık açısı
a*	: renk ölçümünde kırmızı koordinat
b*	: renk ölçümünde sarı koordinat
ΔE*ab	: ısıt işlemler sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk değişimini,
ΔL	: siyah-beyaz renk değişimini,
Δa	: kırmızı-yeşil renk değişimini,
Δb	: sarı-mavi renk değişimini, ifade etmektedir.
HG	: homojenlik grubu

BÖLÜM 1

1.1. GİRİŞ

Ağaç malzeme; hafifliği oranında yüksek direnç özelliğine sahiptir, ses ve ısıyı yalıtma özelliği yüksektir; işlenmesi, çivilenme ve birleştirilmesi kolaydır; kimyasal maddelere karşı dirençlidir; en önemli özelliği ise kaynağı yenilenebilen bir madde oluşudur. Bu üstün özelliklerine karşılık, yanabilir veya mantar ve böcekler tarafından kolayca tahrip edilebilir (Erten, 1988).

Ağaç malzemenin istenilmeyen sakıncalı özelliklerini iyileştirici metotlar geliştirilmiştir. Bu maksatla uygulanan teknik işlemlerin en önemlileri kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleridir (Uysal, 1997).

Odunun içerdiği nem oranındaki değişim, anizotropik şişme ve daralmayla birlikte meydana gelen higroskopik değişimler özellikle kullanım yerinde birer sorun yaratmaktadır. Problem oluşturan boyutsal stabilizasyonun yanında, biyolojik saldırılar gibi nemle ilgili problemler de olabilmektedir. Nem içeriği, odunun direnci üzerinde önemli bir etkisi vardır. Çünkü mantar ve bakteriler yaşamlarını sürdürebilmek için suyun varlığına ihtiyaç duyarlar. Nem oranı %20'nin altında tutulduğunda mantar ya da bakterilerin yaşamaları için su miktarı yeterli olamamaktadır. Fakat bu durum her zaman etkili olamamaktadır. Örneğin dış ortamlarda kurutulmuş odunu sudan uzak tutmak mümkün değildir. Bu yüzden mantar ve bakterilerden ahşap materyali korumak için emprenye çok sık kullanılan bir yoldur. Bu metotların dezavantajı ise toksit maddelerin kullanılmasıdır. Bu koruyucular ayrıca ağacın çalışmasını engelleyemez. Fakat kimyasal olarak odunu kararlı hale getirir (Mayes and Oksanen, 2002).

Endüstrinin pek çok alanında, kullanımının kolaylığı ve sahip olduğu olumlu özelliklerinden dolayı odun, yüzyıllar öncesinden bugüne özelliklerinin daha da

iyileştirilmesi için araştırılmaktadır. Bu araştırmalar esnasında odunun olumlu özelliklerinin yanı sıra, olumsuz özelliklerini de azaltmak veya tamamen yok etmek amaçlanmıştır. İşte bu nedenle geliştirilen yöntemlerden biride ısıı işlem yöntemidir. Geçmiş tarihte, ısıı işlem yöntemin yüzyıllardır bilindiğini, Vikinglerin bin yıl önce çit malzemesi gibi dış yapılarda kullanılan oduna ısıı işlem uygulamasından anlamaktayız (Kalaycıoğlu, 2003). Ancak bu konuda ki ilk bilimsel çalışmalar 1915 yılında Tiemann tarafından rapor edilmiştir. Tiemann hava kurusu ağırlığındaki odunu 150°C'de 4 saat kızgın buhara tabi tutarak nem eğilimini %10-15 kadar düşürmüştür. Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen oduna 205°C ısıı vererek odunun hidroskopisini düşürdüğünü rapor etmiştir. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Runkel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schneider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır (Mayes and Oksanen, 2002). 1970'lerde Rusche ve Burmester yine bu konuda çalışmışlardır. Bu çalışmalar 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından ele alınmıştır (Mayes and Oksanen, 2002). Çoğu önemli; teorik ve bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmıştır.

Isıl işlem görmüş malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, malzemenin kullanım alanlarındaki performansını etkilemektedir. Elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED) ve basınç direnci (BD) gibi mekanik özellikler yük taşıyıcı yapı elemanları için önemlidir. Boyutsal stabilizasyon ise sauna, banyo ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda kullanılan ağaç malzeme için önemli bir faktördür. Bu nedenle bu özellikler çeşitli çalışmalara konu olmuştur.

Literatürde ısıı işlem ile ağaç malzemenin mantar çürüklerine direncinin de arttırılabileceği belirtilmiştir (Kandem, DP vd). Ancak Jämsä ve Viitaniemi ısıı işlem görmüş ağaç malzemenin, toprakla temas eden uygulamalarda kullanımının uygun olmadığını belirtmişlerdir (Jämsä and Viitaniemi). Ayrıca, ısıı işlem görmüş ağaç malzemenin termitlere karşı dayanımı da, termit cinsine göre değişiklik göstermektedir.(Finnish ThermoWood Association, 2003)

Tüm bu olumlu değişikliklerin yanında ısıtım işlem, mekanik dirençlerde azalma gibi bazı olumsuz değişikliklere de neden olmaktadır. Mekanik direnç özelliklerindeki düşüş, ağaç türü ve ısıtım işlem uygulama koşullarına bağlıdır. Isıtım işlem uygulama sıcaklığı ve süresi arttıkça, mekanik dirençlerdeki düşüş de artmaktadır (Esteves et al).

Bu çalışmanın amacı; vakum-basınç yöntemi ile doğu kayını odununa emprenye işlemi uygulandıktan sonra yüksek sıcaklıklarda muamelesiyle meydana gelen bazı fiziksel ve mekanik değişimleri ve bu ağaç türü için en uygun sıcaklık, zaman ve emprenye maddesi kombinasyonlarını belirlemektir. Bu amaçla deney örnekleri borik asit ve boraks ile emprenye edilerek, 170-190-210°C sıcaklıklarda 4, 8 saat süreyle ısıtım işleme maruz bırakılmış ve odun yapılarında meydana gelen değişimler ortaya konmuştur.

1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Aytaşkın (2009), yaptığı çalışmada, boraks ve borik asit gibi çeşitli emprenye maddeleri ile muamele edilmiş kavak, ıhlamur ve kestane odunlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Emprenye maddelerinin yoğunluk ve ısı iletkenliğini arttırdığını, eğilme direnci ve elastikiyet modülünü ise azalttığını bildirmiştir.

Baysal v.d. (2003), çeşitli emprenye maddeleri ile muamele edilen kayın odununun mekanik özellikleri isimli çalışmalarında; bor bileşikleri, ticari emprenye maddeleri ve su itici maddeler kullanarak yaptıkları emprenye işleminde, kayın odununun mekanik özelliklerini incelemişler ve borik asit ve boraks karışımı üzerine uygulanan izosiyanat muamelesiyle en yüksek eğilme direncini elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Şimşek (2009), borlu bileşikler muamelesiyle emprenye yaptıkları çalışmada, sarıçam ve doğu kayını odununun mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; borlu bileşiklerle emprenye işlemi eğilme ve basınç direncini azaltırken, çürüklük direncinde ise artışa sebep olduğunu bildirmiştir.

Toker (2007), borlu bileşiklerden borik asit, boraks ve sodyum perborat'ın çeşitli konsantrasyon düzeyinde sulu çözeltileriyle muamele ettiği deney örneklerinde, tam kuru yoğunluk değerlerinin, emprenyesiz (Kontrol) örneğine kıyasla daha yüksek değerler verdiğini bildirmiştir.

Palmero and Galyon (1991) hızlandırılmış-yaşlandırma ortamında çeşitli borlu bileşiklerle emprenye edilen ağaç malzemenin renk değerleri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, borlu bileşiklerin ağaç malzemenin renk stabilitesini artırıcı yönde etkilerinin bulunduğunu, bununla birlikte borlu bileşiklerin renk stabilitesi üzerine etki mekanizmasının tam olarak açıklanamadığını ve konu ile ilgili olarak ilave çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmiştir.

Şahin Kol (2010), çam ve göknar odununun ısı işlem sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimi incelemiştir. Sonuçlara göre ısı işlemin odununun eğilme

direnci, elastikiyet modülü ve şok direncini azalttığı ancak basınç direncinde bir miktar artışa neden olduğunu belirtmiştir.

Sefil (2010), Thermo wood ile ısıtım işlem uygulanan doğu kayını ve Uludağ göknarı odunlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini incelediği çalışmasında farklı sıcaklıklarda 2 saat süre ile ısıtım işleme tabi tutulmuştur. Deneysel çalışmalar sonucunda ısıtım işlem uygulamasının boyutsal stabilizasyon, ısıtım yalıtkanlık değeri, elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direncini arttırdığını; denge rutubet miktarı, eğilme direnci ve aşınma direncini azalttığını bildirmiştir.

Özçifçi vd. (2009), Karabük Yenice bölgesinden temin edilen sarıçam odununa, 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıtım işlem uygulamıştır. Yapılan testlerin sonuçları değerlendirildiğinde, ısıtım işlemin sarıçamın teknolojik özelliklerini değiştirdiği gözlenmiştir. Uygulanan sıcaklık ve sürenin artışı ile doğru orantılı olarak sarıçamın ağırlık kaybı artmakta ve rengi koyulaşmaktadır. Sıcaklık ve süre arttıkça hacimsel genişlemesi azalmakta ve böylelikle boyutsal stabilizasyonu geliştirilebilmektedir. Isıtım işlem sarıçamın eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalmaya neden olurken basınç direncinde artışa neden olmuştur. Mekanik dirençler arasında Isıtım işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiği bildirmiştir.

Korkut ve Bektaş (2008), Bolu Orman Bölge Müdürlüğü"nden elde edilen Uludağ göknarı ve sarıçam odununun fiziksel özellikleri üzerine ısıtım işlemin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; her iki ağaç türünde de ısıtım işlemde uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak tam kuru ve hava kurusu yoğunluğun azaldığı ve yine genişleme değerinin de azalması neticesinde ısıtım işlemin boyutsal stabilite üzerine olumlu etkisinin olduğu bildirmiştir.

Unsal vd, (2003), ısıtım işlemin okaliptüs odununun renk, fiziksel ve mekanik özelliklerinin üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıtım işlem uygulanmış okaliptüs örneklerine şişme, sertlik, fırın kurusu ağırlık ve örneklerin renk değişimi muamele edilmemiş örneklerle karşılaştırılarak test edildi. Sonuçta ısıtım işlem ile odun

örneklerinin renkleri koyulaşırken, ısıtma işlem sıcaklığı ve şartları arttırıldıkça şişme, yoğunluk ve sertlikte düşme görüldüğü bildirmiştir.

Yıldız (2002), araştırmasında ısıtma işlem görmüş Kayın ve Doğu Ladini odunlarını atmosferik şartlarda 2, 6 ve 10 saat 130, 150, 180, 200°C’de ısıtma işlemine tabi tutmuştur. Sonuçta fiziksel özelliklerden, boyutsal stabilizasyonda, ısıtma işleminin memnuniyet verici olduğu bildirilmiştir. Mekanik ve teknolojik özellik değerlerinin genellikle maruz olduğu şartlar ve sıcaklığın artmasıyla bir düşüşe neden olduğu; kimyasal özelliklerde ise, ısıtma işlem süresince en çok holoselülozların bozulduğu bildirmiştir.

Bekhta and Niemz (2003), kayın odununun mekanik özellikleri, renk değişimi ve boyutsal stabilizasyonu üzerine yüksek sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Sonuçta mekanik özelliklerde düşüşün gerçekleştiği, odun renginin koyulaştığı ve odunun boyutsal stabilizasyonunun arttığı belirlenmiştir. Isıtma işlem sıcaklığı 200 °C’ye yaklaştıkça renk değişiminin arttığı ve bu renkteki koyulaşmanın 4 saat muameleden sonra daha da yoğunlaştığı belirlenmiştir. Eğilme direncindeki düşüşün % 5-40 arasında olduğu, elastikiyet modülünde bu değerlerin % 4-9 oranlarında olduğu bildirmiştir.

Mitsui (2006), ladin örneklerinin rengindeki değişim ısıtma işlem ve ışık etkisiyle belirlenmiştir. Isıtma işlem sonucunda L*, a* ve b* değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Isıtma işleminden sonra ışık muamelesi sonucunda L* ve a* değerlerinde düşüş gözlenmesine rağmen b* değerleri ısıtma işlem sırasında ciddi bir düşüş göstermiştir. Bu durum ısıtma işlem görmüş odunun ışık etkisi altında renk değişimine uğradığı anlamına gelmektedir. Işık yayılımıyla foto termal olarak muamele edilen odunun rengi ısıtma işlemle iyileştirilebilmekte fakat gerekli önlemler alınmadığı sürece örneklerde istenmeyen renk değişimlerinin olabileceği söylenmektedir.

Esteves et al. (2006), sahil çamı ve okaliptus odun örnekleri hava ortamda buharla birlikte otoklav içerisinde 2–12 saat ve 190–210°C sıcaklıklarda ısıyla muamele edilmiştir. Sonuçta odunun su-alış verisinde önemli iyileşmeler meydana gelmiş, denge rutubet oranı çamda %46 ve okaliptus %61 oranlarında düşmüş ve Boyutsal

stabilizasyon yükselmiş ve yüzey ıslanabilirliği düştüğü belirlenmiştir. Bunların yanında mekaniksel özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilemiştir (Çamda %5, okaliptusda %15 oranında düşmüştür). Fakat eğilme direncinde ciddi düşüşler gerçekleştiği görülmüştür (Çam için kütle kaybı %8'de %40'a kadar ve okaliptus odunu için %9'larda %50'lere kadar yükselmektedir). Okaliptusun ısıl muameleye verdiği tepki iğne yapraklılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Johansson and Moren (2006), 175 ve 200°C sıcaklıklarda 0, 1, 3 ve 10 saat huş odunu muamele edilerek renk ve direnç özelliklerinin nasıl etkileneceği araştırılmıştır. Bunun için istatistiksel olarak eğilme direnci ile üretim parametreleri arasında ve renk ile denge rutubetinin yardımıyla direncin belirlenmesi üzerinde 2 model oluşturularak sonuçlar incelenmiştir. Sonuçlar renk ve denge rutubetinin direnç özellikleriyle bir ilgisi olmadığını göstermiştir. Şok direncinin belirlenmesi için ise elde edilen değerler çok düşük olduğu görülmüştür. Eğilme direnci sonuçlarına göre 200 °C de 3 saat süren ısıl muamelede direncin maksimum oranda yani %43 düştüğü belirlenmiştir. Örneklerin renk homojenliği ölçüldüğünde ısıl işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığı belirlenmiştir.

Johansson (2005), kayın örnekleri atmosferik şartlar altında ısıl işleme tabii tutularak odunda iç çatlama mekanizmasının anlaşılabilmesi ve renk ölçümleriyle odunun direnç özelliklerini tahmin edebilmek için çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlar renk ve direnç kayıpları arasındaki ilişki olmadığını göstermiştir. 50 mm veya daha fazla kalınlıktaki kayın panellerinde iç çatlama üzerinde kütle kaybının çatlak oluşumunu artırıcı bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bununda ısıl işlem sırasında oluşan kuruma stresinin yol açtığı ifade edilmektedir.

Militz (2002), çalışmada farklı ısıl işlem prosesleri incelenmiş ve odunun fiziksel, kimyasal dönüşümü incelenmiştir. Odunun direnci odun türü ve muamele şartlarına bağlı olarak kısmen değişmektedir. Şok direnci tüm ısıl işlem muamelelerinde en çok düşüş gösteren özelliktir. Optimum olmayan muamele şartları altında şok direncinin orijinal değerleri yaklaşık olarak % 50 oranında düşebilmektedir. Yapısı değişen odunun higroskopisitesinin düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Higroskopikte

üzerinde ısıtılmasının güçlü etkisi olduğu ısıtılma işlem görmüş odunun histeres eğrisinin ısıtılma işlem görmemiş olanından daha düşük seviyelerde olması bu durumu göstermektedir. Muamele sıcaklığı yüksek olan proseslerde tüm odun örnekleri genellikle kahverengimsi bir renk alırlar. Thuja plicata, Western red cedar'ın doğal rengiyle karşılaştırıldığında farklı bilim adamlarının bulgularına göre odundaki bu renk değişimi muamele şartlarını ve ısıtılma işlem sıcaklığına göre değişmektedir. Sıcaklık ne kadar yüksek olur; şartlar ne kadar uzun olursa renk o kadar koyulaşmaktadır. Muameleden sonra genel bir karakteristik olarak odun karamelsi bir kokuya sahip olur ki bu durum muamele sonrasında oluşan furfuraldan dolayı olduğu tahmin edilmektedir.

Sundqvist (2004a), ısıtılma işlem görmüş odunun renk kararlılığı ve kapılar fazda ısıtılma işlem uygulanmış örneklerin renk değişimleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar AE*ab ve L*C*h koordinatları CIE-Standartlarına göre belirlenmiştir. Deneyler sonucunda da ısıtılma işlem görmüş odunun renk kararlılığı, ilk 4 saat dışında ısıtılma işlem uygulanmamış odunun kararlılığıyla karşılaştırıldığı zaman 100 saat maruz boyunca daha iyi olduğu görülmüştür. Huş örneklerindeki renk değişimi, çam ve ladinin ısıtılma işlem görmüş örneklerinden daha fazla görülür. Bunun nedeni yüksek sıcaklıklar ve daha uzun UV-ışığı maruzunun renk tepkisi olabileceği düşünülmüştür.

Aydemir (2007), Yaptığı çalışmada ısıtılma işlem görmüş göknar ve gürgen odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini araştırmıştır. Deneysel çalışma sonucunda ısıtılma işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerinde olumlu etkisi olduğunu; mekanik ve teknolojik özelliklerinde ise düşüş olduğunu belirtmiştir.

Kartal (2006), borlu bileşikler ve ısıtılma muamelesinin odun özellikleri (borlu bileşiklerin yıkanması ve mantar ve termit direnci) üzerine etkilerini araştırmıştır. Isıtılma işleminin borlu bileşiklerin yıkanması üzerine etkiye sahip olmadığını belirtmiştir. Isıtılma işleminin ne Borik asit nede di-sodyum oktaborat tehidratla muamele edilmiş örneklerde kahverengi çürüklük mantarlarına karşı mantar direncini arttırmadığını belirtmiştir. Ancak borik asitle muamele edilmiş örneklerin bazı mantarlara karşı çürüklük direncinin 220 C ve 2 saat muameleden sonra arttığını belirtmiştir. Ayrıca di-sodyum oktaborat tehidratla muamele ve 180 C 4 saat ve 220 C de 2 saat ısıtılma işlemleri

için *T. versicolor* çürüklük direncinin arttığı ifade edilmektedir. Isıl işlem ve di-sodyum oktaborat tehidratla muamelesinin sinerjik etkisinin beyaz mantar çürüklüğü ve termitlere karşı direnci arttırdığı belirtilmektedir.

Awoyemi ve Westermarck (2005), ısı işlem esnasında meydana gelen direnç kaybı üzerinde borlu bileşiklerle muamelenin etkisini araştırmışlardır. Odun örnekleri ısı işlem öncesi 0.1 M sodyum borat ile muamele edilmiş ve daha sonra 180 ve 200 C derecelerde 2 ve 4 saat süre ile işleme tabi tutulmuşlardır. Sodyum boratla ön işlemin ısı işlem esnasındaki direnç özelliklerindeki kaybı hafiflettiğini belirtmişlerdir. Ancak bu pozitif etkinin ısı işlem şartlarına bağlı olduğunu vurgulamış ve boratla ön işlem uygulamasının yalnızca ılımlı ısı işlem şartları için tavsiye edilebileceğini belirtmişlerdir.

Awoyemi (2008), ısı işlem esnasında meydana gelen direnç kaybını hafifletmek için optimum di-sodyum tetraborat konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Örnekler 0.1, 0.3, 0.5 M sodyum borat çözeltileriyle emprenye ettikten sonra 200 c de 4 saat süreyle ısı işleme tabi tutmuşlardır. Borat tuzlarının ısı işlem esnasında oluşan direnç kaybı üzerindeki yumuşatıcı etkisinin 0.1 M konsantrasyondan 0.3 M konsantrasyona doğru artmasıyla önemli oranda arttığını belirtmişler ve bu etkinin eğilme direncinde elastikiyet modülündekinden daha bariz olarak görüldüğünü belirtmişlerdir.

Awoyemi and Jarvis (2008), çalışmalarında boratla ön muamelenin ısı işlem esnasında odunun asitide ve renk değişimleri üzerine etkisini incelemişler ve ön muamele sonucu odunun daha fazla koyulaştığını belirtmişlerdir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ

Ahşap, canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop dokuya sahip organik esaslı bir yapı malzemesidir. Anatomik ve kimyasal yapısı ile fiziksel ve mekanik özellikleri çok değişik olan ahşap malzemenin 5000'den fazla kullanım yeri bulunmaktadır. Özgül ağırlığının düşük olmasına karşın direncinin yüksek olması, ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmasında en önemli etkidir. Ayrıca yenilenebilir bir enerji kaynağı olan ahşap malzemenin, kolaylıkla işlenebilmesi ve doğal olarak yetiştirilebilmesi gibi birçok üstün özelliği vardır (Duman ve Ökten, 1988; Karakaş 1988).

2.1.1. Ahşap Malzemenin Üstün Özellikleri

Ahşap malzemenin üstün özellikleri denildiği zaman, diğer yapı malzemelerine göre üstün olan özellikleri anlaşılmaktadır. Bu üstün özellikler şöyle sıralanabilir:

- 1) Diğer yapı malzemelerinden hafif olması,
- 2) Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması ve her ülkede az veya çok bulunabilmesi,
- 3) Özgül ağırlığına göre, direncinin ve taşıma gücünün daha yüksek olması,
- 4) Korozyona uğramaması,
- 5) Titreşim emme özelliğine sahip sünek bir yapı malzemesi olması nedeniyle deprem etkisine karşı dayanıklı olması,
- 6) Şok şeklindeki etkileri ve sesi absorbe etmesi nedeniyle çarpma esnasında az gürültü çıkarması,
- 7) İyi bir ısı yalıtkanı olması, dokunulduğunda sıcak ve soğuk hissi vermemesi ve dokunulduğunda vücut ısısını düşürmemesi,

- 8) Sıcaklık değişimlerinde kondensasyona (terleme) neden olmaması,
- 9) Ardışık gerilmelere maruz kaldığında kriştalleşmesi ve gevrek yapı kazanması,
- 10) Plastikleştirilebilmesi ve bükülmesi,
- 11) Elektrik direncinin yüksek bulunması,
- 12) Bünyesinde statik elektriklenme olmaması,
- 13) Kimyasal maddelere karşı dayanıklı olması,
- 14) Yangına karşı direncinin yüksek bulunması,
- 15) El aletleri ve makinelerde kolay işlenebilmesi,
- 16) ivi ve vida tutma kabiliyetinin yüksek olması,
- 17) Ahşap yapı malzemesi üretimi için daha az enerjiye gereksinim duyulması,
- 18) Doğal yapısı nedeniyle, estetik, rahat ve huzur verici bir özelliğinin olması,
- 19) Üretim ve taşınmasının kolay ve ekonomik olması,
- 20) Yaklaşık 20 000 çeşit renk ve görünüş seçeneğine sahip olması,
- 21) Üst Yüzey işlemleri ile daha çok çeşit üretilebilmesi,
- 22) Kullanım süresinin artması ile daha zengin görünüm ve koyu renk kazanması,
- 23) Kusurlu kısımlarının kolayca değiştirilebilmesi,
- 24) Toz barındırmaması, kolay temizlenebilir ve sağlıklı olması,
- 25) Kansorejen bir madde olan Radon gazı salgılamaması,
- 26) Romatizma, astım, böbrek hastalıkları ve dolaşım bozuklukları üzerinde olumlu etkilerinin olması,
- 27) Ortam ısı değişiminden az etkilenmesi,
- 28) Yüksek bir taşıma gücüne sahip olması,
- 29) Doğal bir malzeme olduğundan farklı iklim koşullarına dayanıklı olması,
- 30) Fizyolojik ve Psikolojik yönden insana daha yakın ve sıcak olması gibi özellikleridir (Kurtoğlu ve Sofuoğlu, 2007).

2.1.2. Ahşap Malzemenin İstenmeyen Özellikleri

- 1) Organik bir malzeme olması; Bitkisel ve Hayvansal canlıların besin maddesidir (Böcekler, Mantarlar, Bakteriler, Midyeler ve Termitler gibi).
- 2) Higroskobik yapıya sahip olması; Atmosferik hava koşullarında bağlı nem ve sıcaklığın değişmesi ile rutubet alıp vererek boyutlarında daralma ve genişlemelerin ortaya çıkması (alışması),

- 3) Yanabilen bir malzeme olması ve kimyasal maddeler ile tepkimeye girebilmesi,
- 4) Anizotrop bir malzeme olup, heterojen bir yapıya sahip olması,
- 5) Fiziksel ve mekanik kuvvetlerden etkilenmesi gibi özellikleri istenmeyen yönleridir (Uysal, 2005; Kurtoğlu ve Sofuoğlu, 2007).

2.1.3. Ahşap Malzemenin Kimyasal Özellikleri

Ahşap malzemenin kimyasal yapısı üç ana maddeden oluşur. Bunlar selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bu ana bileşenlerinin yanında kimyasal özelliklerine etki eden; reçine, eterik yağlar, kül bileşikleri, albumin, tanen, mum ve bazı boya maddeleri gibi ekstraktif maddelerden oluşmaktadır (Asarcıklı, 2005).

2.1.3.1. Selüloz

Hücre duvarının ana katkı maddesidir ve % 50-60 oranında bulunur. Ahşabın fiziksel özelliklerinden eğilme ve çekmeye karşı mukavemet veren madde budur (Asarcıklı, 2005).

2.1.3.2. Hemiselüloz

Pentoz ve hektoz şekerlerinin kısa polimerleridir ve % 15-25 oranında bulunur. Hücre duvarını güçlendirir, depo madde görevi yapar, geçit zarlarını ayarlar. Su emicidir (Asarcıklı, 2005).

2.1.3.3. Lignin

Selüloz fibrilleri içinde yer alır ve % 14-23 oranında bulunur. Gevrek bir madde olup ağacın dik durmasını ve ahşap malzemenin basınca karşı mukavemetini sağlar. Bir fenol halkasının ana yapısına sahip amorf bir maddedir. Düşük oranda su emicidir. Rengi kahverengimsi beyazdır (Asarcıklı, 2005).

2.1.4. Ahşap Malzemenin Mekanik Özellikleri

Ahşap malzemenin dışarıdan yapılan kuvvetler ile biçimini değiştirmeye zorlayan kuvvetlere karşı koyma gücüne mekanik özellikleri denir. Bu özellikler; direnç, elastiklik ve teknolojik özellikleridir (Örs ve Keskin, 2001).

Ahşap, heterojen ve anizotrop bir malzeme olması nedeniyle mekanik özellikleri değişkendir. Elyaf yönündeki tüm özellikler, basınç, çekme ve eğilme dirençleri, enine yöndeki dayanımlarından yüksektir. Ahşap malzeme, zamanla ortamın rutubet şartlarına göre içeriğindeki su miktarının değişmesi sonucu; şişen, büzülen bir malzeme olduğundan mekanik özellikleri de değişen bir malzemedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

2.2. AHŞAP MALZEMENİN EMPRENYE EDİLMESİ

İnsan yaşamı ve kültürünün gelişme sürecinde uzun ve mükemmel bir tarihe sahip olan ağaç malzeme; yapılarda taşıyıcı eleman, dış cephe kaplaması, döşeme ve çatı malzemeleri olarak kullanıldığı gibi, endüstriyel konstrüksiyonlarda köprü, iskele ve daha pek çok alanda da yoğun olarak kullanılmaktadır (Erdin, 2003). Endüstride kullanılan diğer malzemeler gibi ahşap malzemenin de gerek üretiminde ve gerekse işlenmesinde hızlı bir gelişme gözlenmektedir. Ahşap, kolay işlenmesi, kırılmadan önce tehlikeyi haber vermesi, ısıyı izole edişi, rengi, yapısı ve estetik özellikleri bakımından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte ahşabın istenmeyen bazı özellikleri olduğu da bir gerçektir. Doğal halde ağaç malzeme mantar ve böceklerin yıkımına uğramaktadır. Odunun higroskopik bir madde olması, hava ile arasında daima higroskopik bir denge oluşturması, adsorpsiyon ve desorpsiyon olayları sonucunda ağaçtaki üç değişik yönde çalışma oranlarının farklı olması onun istenmeyen özelliklerindedir. Odunun bu istenmeyen özelliklerinin tamamen ortadan kaldırılması mümkün görülmemektedir. Ancak ahşabın uygun kimyasal maddelerle emprenye edilmesi ve kurutulması uygun kullanımı bakımından önemli görülmektedir. Günümüzde ağaç malzemenin özellikle yapılarda, kullanılmasında önemli bir artış gözlenmektedir. Bu bağlamda, ağaç malzemenin ısı iletkenliği, yoğunluğu gibi fiziksel özellikleri ve bunun yanında elastikiyet modülü, eğilme

direnci ve basınç direnci gibi mekanik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu direnç özellikleri ağaç malzemenin diğer mekanik özellikleri hakkında ön bilgi verirler. (Le Van and Winandy, 1990).

Ağaç malzeme - ısı ilişkilerinde; termik genleşme, özgül ısı, ısı ışıınımı, ısı değeri ve ısı iletkenliği önemli bir özellik olarak kabul edilir. Odunun higroskopik sınırlar içerisinde (% 0 – 30) su alış verişi sonucu odunun çalışma miktarına göre, ısı etkisi ile meydana gelen genleşme miktarı çok küçük olduğundan uygulamada dikkate alınmamaktadır. Ahşap diğer malzemelere göre iç boşlukları fazla, özgül ısı ve ısı yalıtım özelliği yüksek, fakat buna karşılık ısı iletkenliği küçük olduğundan ısı yalıtım malzemesi olarak tercih edilmektedir. Gözenekli yapısı sebebiyle, ısı iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük kazanmakla birlikte ağaç malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri; ağaç türlerine ve aynı ağaçtan liflerin gidiş yönüne göre değiştiği gibi çeşitli bağlayıcı maddeler ve bunlara ilave edilen dolgu ve katkı maddeleriyle üretilen ahşap levhalarda bağlayıcı madde çeşidi ve ilave maddelerin türüne göre farklı olmaktadır. Ayrıca ağacı istenmeyen özelliklere karşı korumak amacıyla kullanılan emprenye maddelerinin de ısı iletkenliğini nasıl etkileyeceğini araştırmalara konu olmaktadır. Ayrıca ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir. Ağaç malzemenin yanabilen bir madde olması kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C ye çıkarılması gerekmektedir. Ancak, herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir (Le Van and Winandy, 1990).

Ağaç malzemenin diğer önemli bir özelliği de çeşitli tutkallarla, yapışma direncidir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda emprenye maddelerinin yapışma direncini azalttığı belirtilmektedir. Emprenye maddeleri, tutkal tabakası ve yüzey arasındaki bağları zayıflatarak yapışma direncini düşürmektedir. (Şenay, 1996).

2.2.1. Emprenye İle Odunun Anatomik Yapısı Arasındaki İlişki

Dünyada ve Türkiye’de orman alanı çok hızlı bir şekilde azalmakta ve bununla birlikte de ağaç malzemenin verimli ve uzun ömürlü olarak kullanımı çok büyük

önem kazanmaktadır. Ağaç malzemenin uzun ömürlü olarak kullanımının en önemli yöntemlerinden biri ise emprenyedir. Her ne kadar doğal dayanıklılığı yüksek olan ağaç türleri birçok kullanım yerinde uzun yıllar bozulmadan kalabilmekte ise de bu süre her ortam ve her ağaç türünde farklılıklar göstermektedir. Emprenye işlemi, ahşap malzemenin bünyesinde oluşabilecek çürüme ve böcek tahribatı ile yanma, deformasyon ve benzerlerini önlemek amacıyla belirli standartlara göre çeşitli kimyasal maddelerin nüfus ettirilmesidir. Odun koruma, ağacın kesiminden başlayarak son kullanım yerini de içine alan bir süreçte karşı karşıya bulunulan zararlı etmenlere karşı önlem alınmasıyla gerçekleşir. Bu önlemler, odunu kurutma, kuruluşunu muhafaza etme, etkisi ve akılcı dizayn, uygun depolama ve istifleme gibi kimyasal madde uygulaması gerektirmeyen birtakım uygulamaları içerse de, kesin sonuca ancak kullanım yeri ve amacına uygun kimyasal koruyucu maddelerin yine uygun yöntemlerle ağaç malzemeye uygulanmasıyla giderilebilmektedir (Peker, Tan ve Baysal, 2004).

Emprenye edilmiş ağaç malzeme, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı dayanıklı oluşunun yanı sıra, ekonomik ve estetik görünüşünden dolayı da önemli bir yapı malzemesidir. Telekomünikasyon direkleri, demiryolları traversleri, su soğutma kuleleri, deniz tahkimat direkleri, maden direkleri, doğrama ve dış cephe kaplamaları, çatı malzemeleri, çit direkleri, sera malzemesi, ses bariyerleri, otoyol korkulukları, ambalaj kapları, balkon ve teraslarda kullanılan ağaç malzemeler, veranda, pergola, garaj, yüzme havuzları, şehir ve bahçe düzenlemelerinde kullanılan ağaç malzemeler gibi bir çok kullanım yerine sahip emprenye maddelerinden suda çözünen emprenye maddelerinin global olarak kullanımı son yıllarda büyük oranda artmıştır. Suda çözünen emprenye maddeleri ile emprenye edilen ağaç malzemedeki koku genellikle bir problem oluşturmamakta, emprenye işlemlerinden sonra ağaçmalzemeye yüzey işlemleri uygulanabilmekte, kullanım yerlerinde ve taşıma işlemlerinde daha güvenli malzeme elde edilmektedir (Kartal, 1998).

Kendisine zarar veren biyotik ve abiyotik faktörlere karşı koruyarak ona mümkün olan en uzun kullanma süresini kazandırmak için odunun kullanım yerine göre değişen kimyasal maddelerle muamele (emprenye) edilmesi gerekmektedir (Kurtoğlu, 1988; Richardson, 1987; Baysal, Peker ve Çolak, 2004).

Kullanım yerinde, emprenye maddelerinin biyotik ve abiyotik faktörlere karşı kendilerinden beklenen performans özelliklerini sağlayabilmeleri, söz konusu emprenye maddelerinin ağaç malzeme içerisinde belli tutunma oranlarının sağlanması ile mümkün görülmektedir. Emprenye maddelerinin odun içinde tutunmaları, odunun mikroskobik özellikleri yanında, kullanılan emprenye maddesi, çözücü tipi ve kullanılan emprenye yöntemine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Yalınkılıç vd. 1996; Bozkurt, vd. 1993; Baysal, Peker ve Çolak, 2004).

Ağaç malzeme, fiziksel faktörlerden rutubete ve ateşe karşı emniyetli olmamakla birlikte, rutubet; mantar, böcek ve bakterilerin yaşamasına sebep olurken ateş ise odunun yanarak yok olmasına neden olmaktadır. Kimyasal faktörlerin meydana getirmiş olduğu tahribat, korozyon, renk değişimi ve bozulma gibi olumsuz etkiler karşısında odunun dirençli olamadığı bilinmektedir. Bundan dolayıdır ki ağaç malzemeyi kullanılacağı yerde en uzun dayanma süresini sağlamak ve en ekonomik bir biçimde kullanılmasını sağlayabilmek için emprenye edilme zorunluluğu bulunmaktadır. Ağaç malzeme doğal halde iken çok uzun dayanıklılık göstermemekle birlikte emprenye uygulandıktan sonra ömrünün 5, 10 kat daha uzun ömürlü olduğu yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Herhangi bir koruyucu işlem görmemiş doğal haldeki ağaç malzemenin kullanım yerinde mantarlar ve böcekler tarafından tahrip edilerek çürütülmesi sonucu her yıl büyük maddi kayıplar söz konusu olmaktadır. Çünkü organik bir madde olan ağaç malzemenin çürütülmesi ve böceklerle tahrip yasal önlemlerle ağaç malzemenin uzun yıllar bu zararlılardan korunması mümkün olmaktadır. Günümüzde kimyasal önlemlerle yani, zararlı organizmalar için zehirli etki yapan emprenye maddeleri kullanılarak, ağaç malzemenin hizmet ömrü uzatılmaktadır.

Yapraklı ağaç odunlarının asli elemanları traheler, özışınları, lifler ve boyuna paranzimler, yan elemanları ise yalancı özışınları, öz lekeleri ve tüllerdir. Traheler, ağaç boyu yönünde uzanan ve suda erimiş besin maddelerini yapraklara ileten elemanlardır. Traheler uçları açık hücrelerdir. Ağaç gövdesi üzerinde üst üste yerleşerek 10 cm'den 10 m'ye kadar, ya da daha uzun iletim borusu oluşturmaktadırlar. Trahelerin uçlarındaki açıklıklar perforasyon tablaları oluşturarak

suyun iletimini sağlamaktadırlar. Kenarlı geçitler, yapraklı ağaçlarda farklı yapıda olup iğne yapraklı ağaçlardaki gibi torusa sahip değildir. Trahelerin lümenleri boş olduğu gibi, bazen tüller ve çeşitli amorf maddelerle, ya da nadiren nişasta tanecikleri ve kristallerle dolu olabilmektedir. Tüller, trahelere bitişik paranzim hücreleri içeriğinin trahe lümenlerine dolması ile meydana gelmektedir. Odunda tül oluşumunun meydana gelmesi için, trahe-öz ışını paranzimi arasındaki geçit çaplarının büyük olması ve paranzim hücresinin aktif olması gerekmektedir. (Bozkurt vd., 2000).

Trahelerin tüllerle dolup tıkanması, kurutma ve emprenye işlemlerinde problemlere neden olur. Tüller ağaç malzemenin dayanıklılığını artırmamakta, emprenye edilmesini güçleştirmekte, sıvı ve gaz akışını engellemektedir (Bozkurt vd, 2000).

2.2.2. Odunun Permabilitesi

Ağaç malzemeyi kimyasal maddelerle emprenye etmeden önce üzerinde dikkat edilmesi gereken iki önemli görüş vardır. Birincisi, odunun mantar ve böceklere karşı olan doğal dayanımı, ikincisi ise sıvılara karşı olan permeabilitesidir. Ahşabın çürümeye karşı olan doğal dayanımı, başlıca odunun kimyasal bileşimine bağlıdır. Permeabilite ise odunun mikroskobik yapısı ile ilgili olan bir özelliktir (Findlay, 1985).

Genel anlamda permeabilite deyimini, sıvıların poröz bir yüzeyden basınç altında geçişlerinin hızlı veya yavaş oluşunu ifade etmektedir. Basınç altında kolayca sıvı akışı sağlanıyorsa, o malzemenin permeabilitesi yüksek demektir. Bütün ağaç türlerini eşit bir şekilde emprenye etmek mümkün değildir. Bazen ağaç türlerinde emprenye maddesi derinlere nüfuz edebilmekte, bazı türlerde nüfuz güç olmaktadır (Bozkurt vd. 1993).

Odunun emprenye edilmesi sırasında iki fiziksel problem ortaya çıkar. Birincisi, odun hücrelerinde sıkışmış halde bulunan havanın nasıl dışarı alınacağı, ikincisi ise sıvıların hücreler içerisinde nasıl yol alacağıdır. İğne yapraklı ağaçlarda emprenye maddelerinin esas akış yolu, traheidlerden traheidlere olup, kenarlı geçit çifti

yardımıyla yapılmaktadır. Ayrıca, paranzim hücrelerinden oluşan öz ışınları basit geçitler yardımıyla radyal yönde sıvı akışı sağlamaktadır. Öz ışınlarında bulunan enine traheidler ise radyal yönde sıvı akışını sağlamaktadırlar.

Yapraklı ağaçlarda ise sıvıların geçişi traheler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Traheler içerisindeki sıvı madde, geçit açıklıklarından öz ışınlarına, daha sonra boyuna paranzim hücrelerine ve liflere veya diğer trahelere doğru geçmektedir.

2.3. EMPRENYE YÖNTEMLERİ

Ağaç malzemenin dayanmasının arttırmak amacı ile bugüne kadar çok sayıda koruma metotları ve emprenye maddeleri bulunmuştur. Başlangıçta ağaç malzemeye çeşitli emprenye maddelerine daldırma, püskürtme, fırça ile sürme ve yüzeyin kömürleştirilmesi gibi basit yöntemler uygulanırken, günümüzde ağaç yapısının özelliklerine göre daha etkili ve verimli metotlar geliştirilmiştir. Zamanla ağaç malzemeyi herhangi bir zarara uğratmadan emprenye maddelerinin derin ve yeknesak bir şekilde nüfuzunu sağlayan ve aynı zamanda daha az emprenye maddesi tüketen ve basınç uygulayan metotlar bulunmuştur. Bu çalışmada kullanacağımız yöntem vakumlu ve basınç uygulanan emprenye yöntemidir.

2.4. ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Isıl işlem, etkili bir ağaç malzeme modifikasyon yöntemi olarak değerlendirilir. Stamm'ın (Stamm,1964) çalışması ısıl işlem teorisinin başlangıcı olarak kabul edilir. Ancak ısıl işlemin sistematik olarak araştırılması ve endüstriyel değer kazanması son yıllarda gerçekleşmiştir. Deneysel veya ticari olarak uygulanabilen farklı ısıl işlem yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Fin (ThermoWood) yöntemi, buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, inert gaz kullanılan Fransız (Rectification) yöntemi ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (Rapp,2001).

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekan uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekan

uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanıma sahiptir (Viitaniemi, 2000). Isıl işlem görmüş malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, malzemenin bu kullanım alanlarındaki performansını etkilemektedir. Elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED) ve basınç direnci (BD) gibi mekanik özellikler yük taşıyıcı yapı elemanları için önemlidir. Boyutsal stabilizasyon ise sauna, banyo ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda kullanılan ağaç malzeme için önemli bir faktördür. Bu nedenle bu özellikler çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Benzer çalışmalar, ısıl işlemin higroskopisitesini düşürerek ve boyutsal stabilizasyonunu artırarak malzemenin fiziksel özelliklerini geliştirdiğini göstermiştir. Bu özelliklerdeki değişimin miktarı, ısıl işlem yöntemi, uygulama süresi ve sıcaklık gibi ısıl işlem sırasında uygulanan parametrelere ve kullanılan ağaç malzemenin anatomik yapısına bağlıdır.

Doğal farklılıklarından dolayı ısıl işlem uygulanmış kerestelerin özelliklerinde de farklılıklar meydana gelmektedir. Isıl işlem odunda kalıcı fiziksel ve kimyasal özellikler oluşturur. Bu değişim tamamen hemiselülozun termik yıkımı sonucunda meydana gelir. Elde edilmek istenilen değişimler 150°C'de başlar ve sıcaklığın artmasıyla her kademedede devam eder. Sonuçta nemden dolayı oluşan şişme ve büzülme düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur. Isıl işlemde sıcaklık en önemli etkendir. Ancak ağaç türü, ısıl işlem süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve sıcaklığın eşit dağılımı sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır (Viitanen et al. 1994). Odunun termal bozunması 100°C sınırından itibaren başlamaktadır. 200°C'nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve buhar fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270°C'nin üzerinde odunun piroliz ve yanma olayı başlamaktadır (Fengel and Wegener, 1989).

2.4.1. Isıl İşlemin Kimyasal Etkileri

Yüksek sıcaklıklarda muamele sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha fazla degrade olduğu kabul edilir. Fakat selüloz ve Lignin direncini belirlemek zordur. Genellikle Polisakkaritlerin kaybı özellikle 180°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda başlamaktadır. Fakat bu durum muamele şartlarına bağlı olarak değişebilir. Selülozun parçalanması 270°C'de yoğun olarak gerçekleşmektedir

(Garrote et al., 1999). Yapraklı ağaç hemiselüloz üniteleri (pentozanlar), iğne yapraklı ağaç hemiselüloz ünitelerine (heksozlar) göre daha kolay degrade olurlar. Bu yüzden yapraklı ağaçlar, iğne yapraklı ağaçlara göre daha hızlı parçalanırlar. Bunun nedeni de yapılan çalışmalara göre yapraklı ağaçlarda daha fazla sayıda asetil grubunun olmasından dolayı kaynaklandığı ifade edilmektedir (Feist and Sell, 1987; Hillis, 1975; Millet and Gerhrds, 1972).

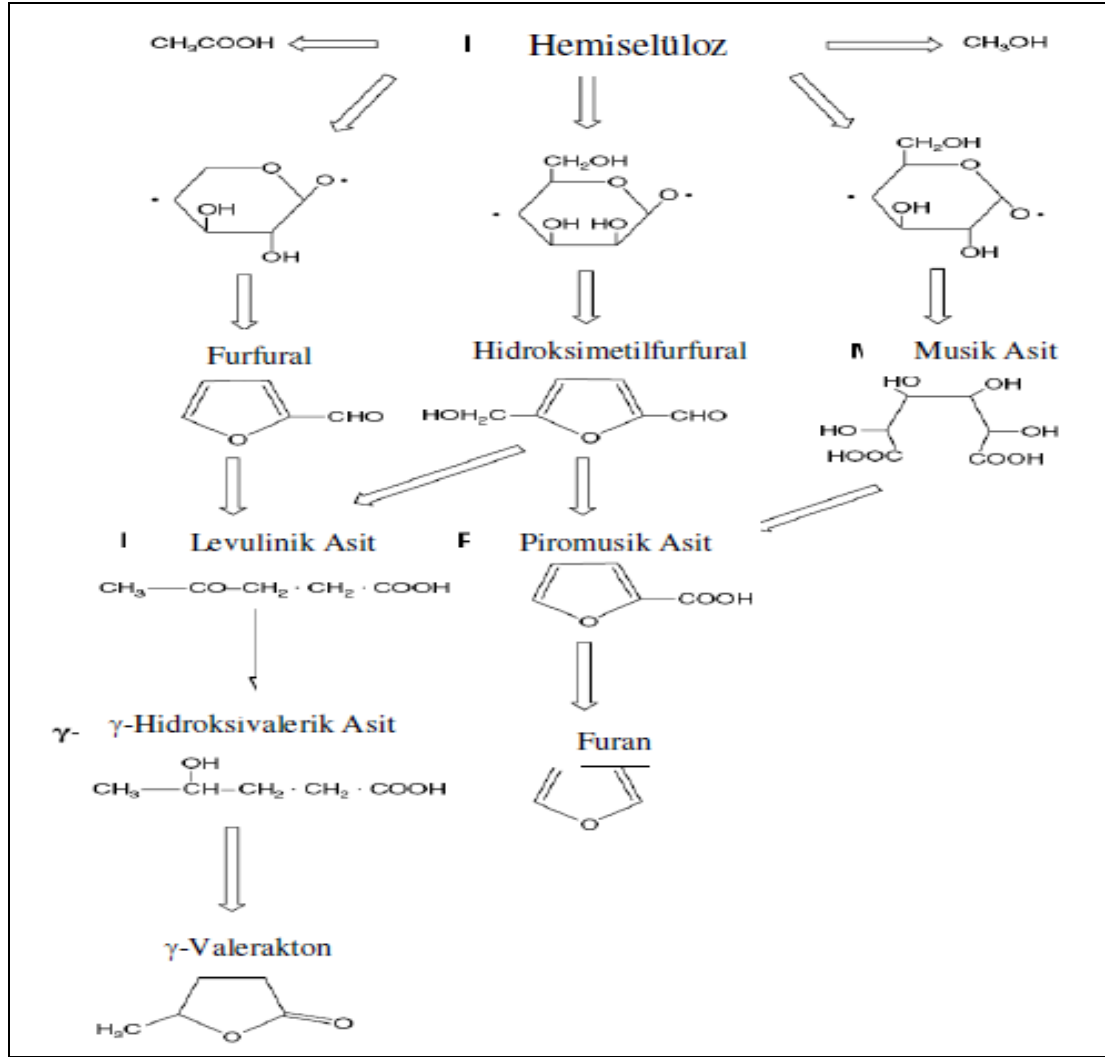
2.4.1.1. Hemiselüloz

Hemiselülozun degradasyonu, sıcaklık ve ısıtma süresiyle artar (Bourgois et al, 1989). Odun ısıtıldığında odunun polimerik bileşenlerinin çoğu termal muamele sonucunda yumuşayarak parçalanmaya başlar ve bunun sonucunda çeşitli uçucu heterofilik bileşenler (furanlar, valerakton.vb.), asetik asit ve metanol oluşumu gerçekleşir. Beall (1969), termogravimetrik analiz (TGA) kullanılarak izole edilmiş hemiselülozun nitrojen ve hava ortamı altında termal degradasyonu çalışılmıştır. Isıtmadan dolayı oluşan %10'luk ağırlık kaybına neden olan sıcaklık 200°C sıcaklıklarda İYA ve YA hemiselülozları, karşılaştırıldığında İYA hemiselülozunun termal muameleye daha fazla dirençli olduğu gözlenmiş ve bunun yanında degradasyon sıcaklıkları daha düşük ve degradasyon oranı oksijenli ortamda daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Hemiselülozların bileşenleri ve bileşikleri her ağaç türü için farklılık gösterir. Isıl işlem uygulamasından sonra odun daha az hemiselüloz içerir. Bunun sonucunda hassas mantar maddesi önemli derecede azalır ve ThermoWood'un çürüme mukavemeti, normal fırında kurutulmuş oduna göre artar. Hemiselülozun parçalanmasıyla su absorbe eden hidroksil gruplarının konsantrasyonu azalır ve boyutsal stabilizasyon normal fırında kurutulmuş olana göre artar. Hemiselüloz'un parçalanma sıcaklığı 200-260°C, selülozun ise 240-350°C arasındadır. Yapraklı ağaçlardaki hemiselüloz miktarı iğne yapraklılara göre daha yüksektir. Bu yüzden degrade olma yapraklı ağaçlarda iğne yapraklı ağaçlara göre daha kolay gerçekleşmektedir. Fakat hemiselüloz zincirlerinin parçalanması; selüloz zincirinin parçalanmasıyla meydana gelen direnç kayıpları gibi direnç üzerinde çok fazla bir etkiye sahip değildir. Onun yerine hemiselüloz zincirlerinin parçalanması odunun

sıkıştırılabilirliğini artırır ve odun içinde baskı oluşumunu azaltır ve odunun sağlamlığında düşüşe sebebiyet verebilir (Mayes and Oksanen, 2002).

Serbest radikal ortamında Hemiselülozların degradasyonları için olası reaksiyon mekanizması Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



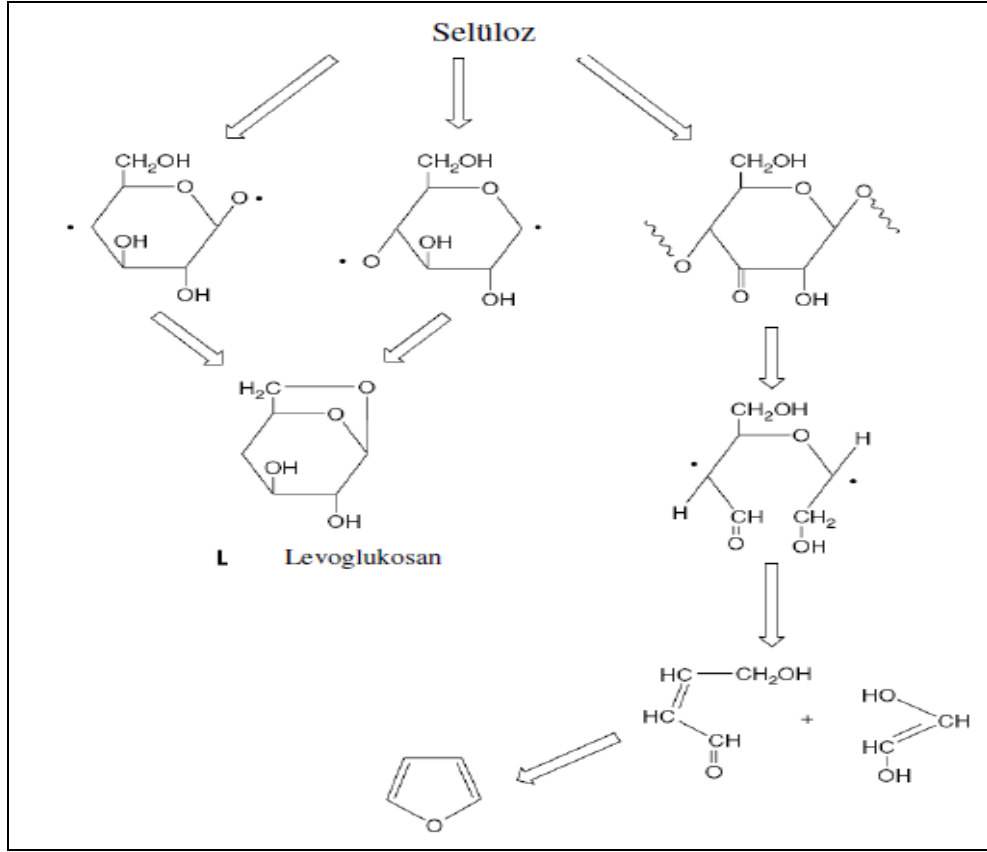
Şekil 2.1. Hemiselülozun olası degradasyon oluşumu (Fengel and Wegener, 1989).

Hemiselüloz polimerlerinin, oligosakkaritlere ve monosakkaritlere depolimerizasyonu sonucunda furfural (pentozlar) ve hidroksi metil furfural (heksozlar) meydana gelmektedir. İğne yapraklı ağaçlar yapraklı ağaçlardan termal olarak daha stabildir. Bu durum hemiselüloz içerikleri ve bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Fengel ve Wegener, 1989).

2.4.1.2. Selüloz

Odunun en önemli bileşenlerinden olan selüloz yapısı gereği çok sağlam bir polimerdir. Bazı kanıtlar tersini söylemesine rağmen selüloz degradasyonu, hemiselülozlardan daha yüksek sıcaklıkta olduğu kabul edilmektedir. Selülozun amorf kısımları termal degradasyondan en fazla etkilenen kısımlardır. Bu bölgeler hemiselülozun heksozan bileşiklerine benzemektedir. Selülozun kristalin bölgeleri 300–340°C sıcaklıklarda degrade olmaktadır (Kim et al. 2001). Selülozun degradasyonu su varlığında yapılırsa amorf bölgeleri iyileştirerek daha stabil kristalin bölgeler oluşumunu sağlarlar (Fengel and Wegener, 1989). Selüloz zincirlerinin parçalanması selülozun kristallik derecesinde ve DP'deki düşüşler, alkalın ortamda çözülebilen oligosakkaritlerin oluşumuna sebebiyet verir. Selülozun polimerizasyon derecesi, 150°C sıcaklıkta hava ortamında ısıtılırken hızlı bir düşüş göstermektedir.

Fengel and Wegener (1989), termal olarak muamele edilmiş kayında selülozun polimerizasyon derecesindeki düşüş, sıcaklık 120°C'nin üzerine çıktığı zaman görülmesine rağmen, izole edilmiş selülozun DP deki düşüş 100°C sıcaklıklarda baş gösterir. Hava ortamında ısıtma selülozun -OH gruplarının oksidasyondan dolayı karbonil, karboksilik ve kısa zincirli hidroperoksit gruplarının oluşumu meydana gelir. Uzun periyotlarda ısıtma ile karboksilik gruplardaki artışlarla karboksil gruplarının oluşumundan dolayı, selülozik materyallerin sarardığı gözlenir. CO₂ ve CO selülozun 170°C ısıtılmasıyla oluşur ve elde edilen sonuçlar, hava ortamında yapılan ısıtma nitrojene ortamında yapılarına göre daha fazla olmaktadır. 300°C üzerinde proliz oluşurken reaksiyon kinetiğinde bir değişim meydana getirir. Parçalanmış ürün formları diğer odun bileşenleriyle daha sonra ki zamanlarda reaksiyon verme kabiliyetinde olmalarına rağmen izole edilmiş selülozda bu durum kesin değildir. Levoglukosan, termal degradasyon boyunca selülozda oluşan ilk parçalanma ürünü olarak tanımlanabilir (Sanderman and Augustin, 1964). Diğer oluşan ürünler anhidroglukozlar, furan ve furan bileşikleri Şekil 2.2'de verilmiştir (Fengel and Wegener, 1989).



Şekil 2.2. Selüloz yapısı (Fengel and Wegener, 1989).

2.4.1.3. Lignin

Lignin hücre duvarı bileşenlerinin termal olarak en fazla stabil olan yapı taşı olarak bilinir. Fakat ligninin termal degradasyonu düşük sıcaklıkta, çeşitli fenolik parçalanma ürünlerinin oluşmasıyla gerçekleşir (Sanderman and Augustin, 1964). Isıtma süresince polisakkarit materyallerin kaybı odunun lignin içeriğinde bir artışa yol açar. Lignindeki önemli reaksiyonlar 280°C' ve daha yukarıdaki sıcaklıklarda meydana gelmektedir (Haw and Schultz, 1985).

DTA analizinden elde edilen sonuçlar 200°C'yi aşan sıcaklıklar da sadece lignin degradasyonunun meydana geldiği gözlenmiştir. Lignin odun hücrelerini bir arada tutar. Odun hücrelerinin orta lamellerinin koyu materyali esas olarak lignin materyalidir. Ayrıca lignin primer ve sekonder hücre duvarlarında da bulunur. Lignin iğne yapraklı ağaçlarda % 25-30 ve yapraklı ağaçlarda % 20-25 oranında bulunur. Lignin eter Karbon-Karbon bağlarıyla poli-merizasyon derecesi 10-50 arasında

birleşmiş olan fenil propan ünitelerinden meydana gelmektedir. İğne yapraklı ağaçlar guayasil fenil propan ünitesi, yapraklı ağaçlar ise hemen hemen eşit oranda guayasil ve Siringil fenil propan ünitesi içerirler. Her ikisinde de az miktarda Hidroksil fenil propan ünitesi bulunur. Isıl işlem süresince fenil propan üniteleri arasındaki bağlar parçalanarak ayrılır. Siringil üniteleri arasındaki aril eter bağları guayasil ünitelerinin arasındaki bağlardan daha kolay kırılırlar. Termokimyasal reaksiyonlar yan zincirler için aril alkil eter bağlarından daha yaygındır. Daha uzun oto hidroliz zamanı, daha fazla kondenzasyon reaksiyonu olur. Kondenzasyon reaksiyonu üniteleri β -Keton grupları ve karşılıklı karboksilik asit gruplarını içerir. Tüm odun bileşenlerinin yanında lignin sıcaklığa en iyi şekilde karşı koyma özelliğine sahiptir. Lignin de kütle kaybı sıcaklık 200 °C'yi aştığı zaman düşmeye başlar ve â-aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıkta ligninin metoksil içeriği düşer ve ligninde bazı ünitelerin difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü göze çarpar. Buna göre difenilmetan tip çökelti 120-200°C sıcaklıklarda en çok görülen bir durumdur. Bu reaksiyonun odunun renginin, reaktifitesinin ve bozunma gibi değişimlerin meydana gelmesinde önemli etkisi vardır (Mayes and Oksanen 2002).

2.4.1.4. Karbonlaşma ve Gazlaşma

Yapılan çalışmaların analizlerinden de bilindiği gibi odunun termal bozunmasındaki temel reaksiyon egzotermal karakterlidir ve 270-280°C' de başlamaktadır. 380°C ye kadar, esas olarak asit ve metanol; daha sonra artan miktarlarda katran ve gaz ürünleri gibi çok miktarda damıtma ürünleri meydana gelmektedir. Geriye kalan kömürdür.

2.4.2. Isıl İşlemin Fiziksel Etkileri

2.4.2.1. Ağırlık Kaybı ve Yoğunluk

Odunun ısıtılması; muamele edilen metod, sıcaklık maruz bırakılan zamana göre odunun hacminde ve kütlesinde düşmeye sebep olur (Rusche, 1973; Fung et al, 1974). Isıl işlem ile meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği düşünülmektedir (Viitanen et al. 1994; Fengel ve Wegener 1989).

Isıl işlem yapılmış odun, ısıl işlem yapılmamış oduna göre daha az yoğunluğa sahiptir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça odunun hacmi daralır, ağırlık kaybı artar dolayısıyla yoğunluk azalır. Isıl işlemden dolayı odunun hacimsel olarak daralmasının kütle kaybıyla arasında iyi bir ilişki bulunmuştur (Chang ve Keith, 1978).

Düşük sıcaklıkta ısıl muamele, uçucu ve bağlı suyun kaybıyla düşük kütle kaybına sebebiyet verir. Makro moleküler bileşiklerin kaybı 100°C sıcaklığın üzerinde gerçekleşir ve ilerleyen zaman ve sıcaklıklar kütle kaybını olumsuz etkilemektedir. Hücre duvarındaki materyallerin kaybı, eğer proses optimum olmazsa fazla oranlarda büzülme oluşumu gerçekleştirebileceğinden odunun boyutsal değişiminde rol alabilir. (Millet and Gerhards, 1972). Ayrıca boyuna yöndeki önemsiz artışın, radyal ve teget daralmanın sebep olduğu strese katkısının bulunduğu ve ısıl işleme maruz kalmış örneklerde teget yönün, radyal yönle karşılaştırıldığında daha fazla daraldığı belirlenmiştir.

2.4.2.2. Boyutsal Değişim

Boyutsal stabilizasyondaki artış, termal olarak modifiye edilmiş odunda elde edilebilmektedir. Fakat gözlenen etkiler ısıtma işlemine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda boyutsal stabilizasyonun yalnızca kimyasal

maddelerin kullanılmasıyla değil, sadece ısı muamelesiyle sağlanabileceği sonucuna varılmıştır (Yıldız, 2007).

İYA örneklerinin ASE (Su itici Etkinlik) değerleri hem muamele sıcaklığı hemde zamanına bağlı olarak değişmektedir. Isıl muameleden sonra elde edilen ASE'deki artış, ısıtmadan dolayı oluşan ağırlık kaybına karşı oluşan değişimler asimtatik bir ilişkiyi takip ettikleri gözlenmiştir. Ağırlık kaybı % 20'ye yaklaştığında ASE değeri maksimuma ulaşır. Fakat elde edilen sonuçlar hava varlığında değişir ve daha düşük ASE değerlerinin havasız ortamda elde edildiği bulunmuştur.

Boyutsal stabilizasyondaki değişimin, kullanılan muamele atmosferine bağlı olarak ciddi oranda değiştiği gözlenmiştir. Odun örnekleri 300°C'de hava ya da nitrojen ortamında ısıtılmış ve ağırlık kaybının % 20 olduğu noktada, boyutsal stabilizasyon maksimuma ulaştığı belirlenmiştir. Bu ağırlık kaybının yanında boyutsal stabilizasyondaki artışın kapalı sistemlerde daha fazla gerçekleştiği bulunmuştur. Boyutsal stabilizasyon açık sistemlerde nitrojen ortamında yapıldığında kütle kaybı % 20'yi geçtiği zaman değişim görülmemiştir fakat örnekler yine açık sistemlerde hava ortamında ısıtıldığında boyutsal stabilizasyonda düşüşler gözlenmiştir.

2.4.2.3. Renk

Odunda oluşan fiziksel değişim uygulanan metoda bağlıdır. Hava ortamında gerçekleşen kararına nitrojen ortamında yapılanlara göre daha fazla gerçekleşir. Isı etkisi ile odunun rengi koyulaşmaktadır. Odun kahverengi bir renk tonu ve karakteristik bir koku kazanır. Renk değişmesi işlem türüne ve özellikle işlemde uygulanan sıcaklık ve işlem süresine bağlıdır. Elde edilen renk tonu Ultraviyole (güneş ışını) ışınlarına karşı stabil değildir. Nispeten kısa bir süre açık hava ile temastan sonra yüzeyleri muamele görmemiş odun gibi grileşmektedir (Mayes and Oksanen 2002).

2.4.2.4. Isı İletkenliği

Isıl işlem uygulanmış odunun ısı iletkenliği düşmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda ısıl işlem görmüş odunun ısı iletkenliği Kontrol numunelerine kıyasla % 20-25 azalır. Bu nedenle ThermoWood ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında idealdir (Militz, 2002; Mayes and Oksanen, 2002).

2.4.2.5. Denge Rutubet Miktarı (DRM)

Isıl işlem odunun DRM'nı açık bir biçimde düşürür ve yüksek sıcaklık derecelerinde (220°C) DRM ısıl işlem görmemiş oduna göre yarı yarıya değişir. Isıl işlem uygulanan odunun hidroksil grupları azaldığından dolayı odunun çeperi daha az su absorbe etmekte ve dolayısıyla odunun genişlemesi azalmaktadır. Radyal genişleme/teğet genişleme oranı değişmez teğet genişleme radyal genişlemenin iki katıdır (Mayes and Oksanen 2002).

2.4.2.6. Koku Oluşumu

Degradasyon ürünlerinin çoğu, ısıl işlem muamelesi süresince oluşur ve bunların bazıları hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehytlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir ve degradasyon ürünleriyle oluşabilir. Isıl işlem görmüş odunun hoş olmayan kokusu muameleden 2-3 hafta sonra kaybolur (McDonald et al. 2002).

2.4.3. Isıl İşlemin Mekanik Etkileri

Isıl işlem uygulaması esnasında, gerek odunun içinde gerekse de dışında meydana gelen yarıklar ve çatlaklar, odunun direncinde önemli derecede sorunlar açmakta buda mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Sıcaklık yükseldikçe oluştuğu bilinen formik ve asetik asit formasyonu öncelikle hemiselülozdan başlayarak birçok odun bileşenini tahrip eder ve buda kütle kayıplarına sebep olur. Kütle kayıpları sonucunda özgül kütle düşmesi ve özgül kütleyle bağlı olan mekaniksel özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir.

2.4.3.1. Eğilme Direnci

Eğilme direncinde düşüş, genelde 220°C'den sonra başlamaktadır. Sonuçlar, ısı işlem görmüş odunun, elastikiyet modülünün değişmesi üzerinde önemli olmadığını göstermiştir. Odun örnekleri % 45 ve 65 nispi nemde kondisyonlanmaktadır. Odunda budak bulunması ısı işlem görmüş odunun direnç değerlerini; ısı işlem uygulanmamış olana göre daha düşük olur (Aydemir, 2007).

2.4.3.2. Direnç ve Yüzey Kabalığı

Odunun direnci, sıcaklıkla birinci dereceden ilgilidir. Dirençteki lineer düşüşler 200°C'den 160°C'ye doğru değişen sıcaklıklardaki artışlarda daha net göze çarpar. Isının odun üzerinde etkileri 2 tipte toplanabilir. Artan sıcaklıkla oluşan ani etkiler ve odun polimerlerinin termal parçalanmasına neden olan kalıcı etkiler. Isıyla oluşan ani etkiler düzeltilebilir. Fakat kalıcı etkiler düzeltilemez. Ani ve kalıcı etkilerin birleşimi daha fazla zarar meydana getirir. Sıcaklık 55–65°C'de ilerleyen periyotlarda (2–3 ay) Hemiselüloz ve hemiselülozun depolimerizasyonu yavaşça baş gösterir (Feist et al. 1973; L Van et al. 1990). Bu süre ilerledikçe pirolizin 250°C de hızlı gerçekleştiği görülmüş olan hücre duvarı polimerlerinin buharlaşması, havasız ortamdaki kömürleşme oluşumu ve hava varlığında gerçekleşen tutuşma artar. Yüksek sıcaklıkta odunun muamelesi, direnç, yüzey kabalığı ve aşınma direncinde bir düşüşe sebep olur (Chang and Keith, 1978).

Yüksek sıcaklıklarda muamele sonuçlarına göre mekanik özelliklerde düşüş göze çarpmaktadır. Yine bu çalışmada elde edilen sonuçlar, direnç düşüşlerinin 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilerek minimize edilebileceği belirtilmiştir (Boonstra et al.1998). Dirençteki düşüş, yapılan ısı işlemin tipine göre ciddi oranda etkilenir. Ayrıca direnç kayıplarında higrotermal, hidrotermal şartlarda ve hava ortamında, havasız ortamda karşılaştırıldığında, kapalı sistemlerde açık sistemlerde karşılaştırıldığında düşüş daha fazladır (Aydemir, 2007).

2.4.3.3. Şok Direnci

Test sonuçları ısıtıl işlem görmüş odunun şok direnci değerlerinin normal kurutulmuş kerestelerden daha az olduğunu göstermiştir. Yüksek sıcaklıkta (220 °C ve 3 saat) test sonuçları ısıtıl işlem görmüş odunun şok direncinin yaklaşık olarak % 25 kadar düştüğü belirlenmiştir (Mayes and Oksanen 2002).

2.4.4. Isıl İşlemin Biyolojik Etkileri

Isıl işlem uygulanan çalışmalarda tahrip edici mikroorganizmalara karşı odunun biyolojik özelliklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebeplerinden ilki; odunun yapısında doğası gereği varolan suyun buharlaşması ikincisi; mevcut hidroksil gruplarının azalması ve son olarak bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı olduğu belirlenmiştir (Fengel ve Wegener, 1989).

Isıl işlem görmüş odunun direncini ölçmek için 3 tip test yapılmaktadır. Bu testler TSE EN 113 standartlarına göre gerçekleştirilmektedir. 180°C'ye kadar olan uzun süreli ısıtıl işlem uygulamalarında, odunun genişleme ve daralmasını azaltmak mümkünken, çürüklüğe karşı dayanımı iyileştirmek mümkün değildir.

BÖLÜM 3

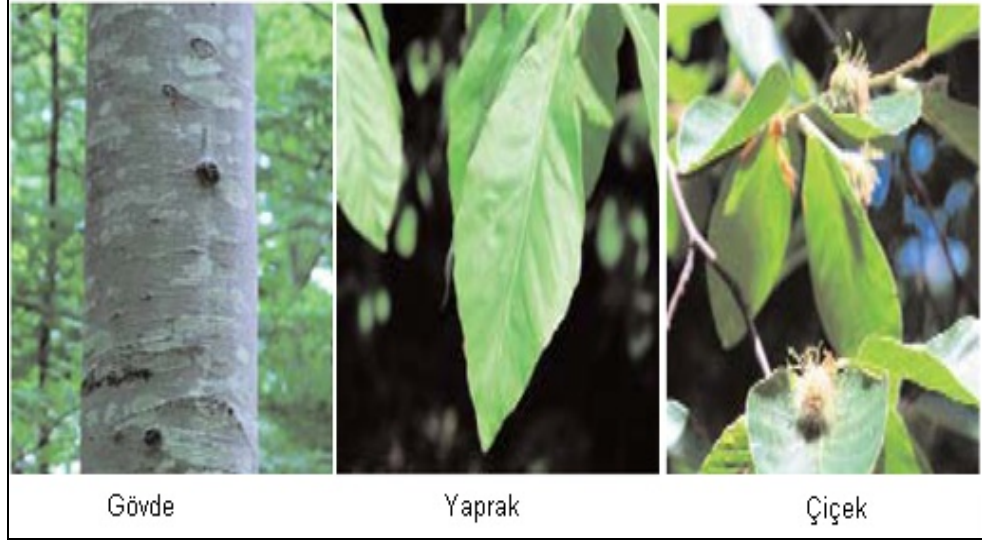
MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

3.1.1. Ahşap Malzeme

Bu çalışmada, ağaç işleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan geniş yapraklı ağaçlardan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) seçilmiştir.

Genel coğrafi yayılışı Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya ve İran'dır. Ülkemizde en geniş yayılışını ve en iyi gelişimini Karadeniz Bölgesinde yapar. Demirköy'den Hopa'ya kadar Karadeniz sahiline paralel uzanan dağların orta veya yüksek kısımlarında, kuzeye yönelik yamaçlarında saf ve karışık ormanlar kurar. Güney Anadolu'da Adana'nın Post ormanlarında, Amanos dağlarında ve Maraş-Andırın yöresinde lokal olarak bulunur. Ülkemizde en yaygın ormanlar kuran türü Doğu kayınıdır. Kayınların orman sahamızdaki oranı % 8,5'tir. 30-50 m kadar boylanabilen birinci sınıf orman ağaçlarıdır. Yaşlı gövdelerde bile kabuk çatlamadan, düz pürüzsüz kalabilmektedir. Şekil 3.1'de kayın ağacı görüntüleri verilmiştir. (http://web.ogm.gov.tr/Resimler/sanalkutuphane/agac_turleri.pdf, 2010).

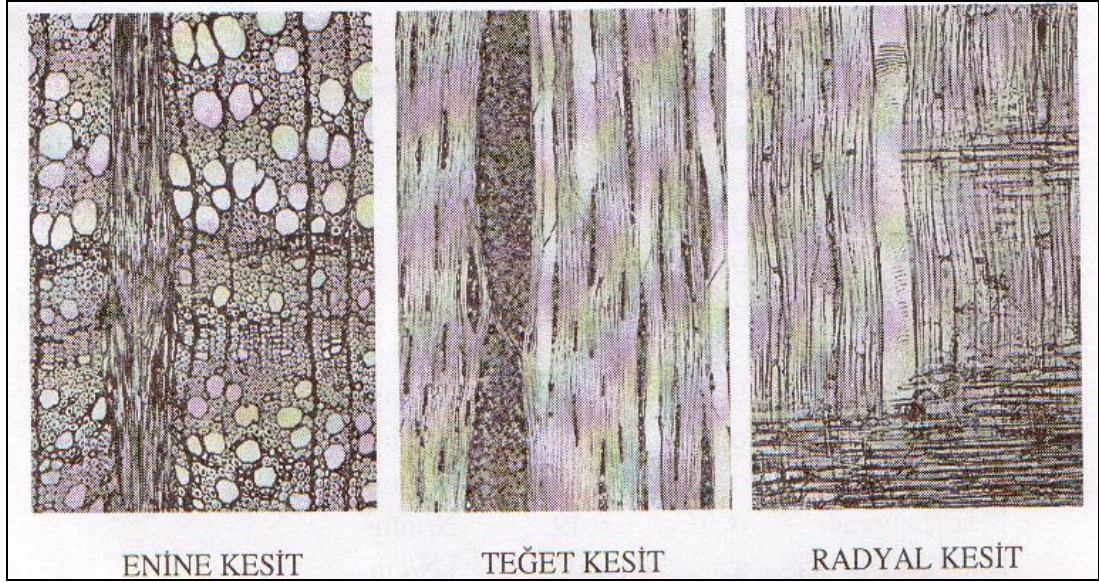


Şekil 3.1. Kayın ağacı gövde yaprak ve çiçek görüntüsü (www.ogm.gov.tr).

Bol yaz yağışı ister. Mineral maddesi ve kalkerli zengin toprakları sever. Kuraklıktan, durgun sudan zarar görür. Kayının en belirgin özelliği açık gri veya koyu gri renkli kabuklarının ağaçların hayatı boyunca çatlama dan düz ve pürüzsüz olarak kalmalarıdır. Kışın yaprağını döken orman ağaçlarıdır. İkinci önemli karakteristiği tomurcukların sürgünlere gürgenlerde olduğu gibi yatık değil onlarla açı yapacak şekilde dizilmiş olmasıdır. Budak yerlerinde Çin’li bıyığı teşekkülü karakteristik özelliğidir (http://web.ogm.gov.tr/Resimler/sanalkutuphane/agac_turleri.pdf, 2010).

Kayın, olgun odunlu ağaçlar gurubundadır. Odun tabii halde kırmızımsı beyaz, fırınlanmış halde tuğla kırmızısı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içlerinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Genellikle 80-100 yaşlarında oluşan bu yalancı öz odunu kusur sayılır. Kırmızı yürek odunun doğal güzelliğini bozar ve emprenye edilemez. Ayrıca gevrek yapıda olup asitli koku yayar (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Hücre yapısı dağınık treheli ve trahe çapları 60-80 µm aralığındadır. Basit perforasyon tablası görülmekle birlikte yaz odununda küçük çaplı trahelerde 20 bölmeye kadar merdivenimsi yapıdadır. Tül oluşumu görülür. Şekil 3.2’de Kayın odunu mikroskopik görüntüleri verilmiştir.(Bozkurt ve Erdin, 2000). Çizelge 3.1’de Doğu Kayını Odununun teknolojik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Doğu kayının mikroskopik görünüşü (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Çizelge 3.1. Doğu kayını odununun teknolojik özellikleri.

Özellikler		Birimi	Sembol	Ortalama değeri
Yıllık halka genişliği		Mm	X	1,58
Tam kuru özgül ağırlık		g/cm ³	δ 0	0,645
Hava kurusu özgül ağırlık		g/cm ³	δ12	0.669
Hacim yoğunluk değeri		g/cm ³	Y	0,538
Daralma Miktarı	Liflere paralel yönde	%	βL	0,288
	Radyal yönde		Br	4,95
	Teğet yönde		βT	11,04
	Hacmen		Bv	16,21
Basınç direnci		kp/cm ²	σB	572
Eğilme direnci		kp/cm ²	Σe	1123
Eğilmede elastiklik modülü		kp/cm ²	E	130822
Dinamik eğilme direnci		kp/cm ²	A	0,95
Çekme direnci		kp/cm ²	σÇ	1316
Liflere dik çekme Direnci	Radyal yönde	kp/cm ²	σçr	34,74
	Teğet yönde		Σçt	38,07
Liflere paralel Makaslama direnci	Radyal yönde	kp/cm ²	σmr	96,27
	Teğet yönde		σmt	99,75
Yarılma direnci	Radyal yönde	kp/cm ²	σyr	7,48
	Teğet yönde		σyt	10,76
Brinell sertlik değeri	Liflere paralel yön.	kp/mm ²	H Be	5,49
	Radyal yönde		H Br	2,69
	Teğet yönde		H Bt	2,86

Son yıllarda çok geniş kullanım yeri bulmuştur. Kontraplak, araba, parke, ayakkabı kalıbı, ambalaj sandığı, oyuncak, sandal ve fırın kürekleri, alet sapları, marangozluk tezgâhları, maden direği, yakacak odun, emprenye edildiği takdirde travers üretimi, lif ve yonga levha, ambalaj fiçileri, ayakkabı topuğu yapımında kullanılır. Özellikle masif mobilya, lambri, spor aletleri, bobin, tornacılık, müzik aletleri, dekoratif kaplama levha, fiçi sanayii, karoser yapımı, merdiven basamağı, döşeme, vagon, gemi yapımında yararlanır. Ayrıca kâğıt sanayinde nötral sülfite yarı kimyasal metodu ile değerlendirilebilmektedir. Bu metotla elde edilen selülozdan ambalaj kâğıdı, mukavva, yazı kâğıdı, yüzey kâğıdı ve özel kartonların yapımında kullanılmaktadır. Lif ve kâğıt odunu olarak, karoser yapımı, odun kömürü, odun katranı ve asetik asit elde edilmesinde de yararlanır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.2. Emprenye Maddeleri

3.1.2.1. Borlu Bileşikler

Bor, atom ağırlığı 10,811 gr olan, periyodik sistemin beşinci elementidir. Amorf bir hali ve ayrıca bilinen üç kristal şekli vardır. Reaktifler ile B-O veya B-S ve B-F bağları oluşturarak reaksiyona girer. Borun en önemli türevleri borik asit, boraks ve perboratlardır (Hafizoğlu vd, 1994).

Ayrıca bor, 2,34 gr/cm³ özgül ağırlıklı ve 2300 °C de eriyen bir elementtir. Doğada saf halde bulunmaz, ancak oksijenle birleşerek bor tuzları (boratlar) silikatlar halinde bulunur (Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 1997).

Rezerv bakımından dünya sıralamasında ilk sırayı alan Türkiye, üretiminin %80 ini ham cevher olarak ihraç etmekte, ülke içerisinde de borik asit, boraks ve sodyum perborat olarak kullanılmaktadır (Tümsek, 1987).

Odun koruma amaçlı, ticari anlamda ve bilimsel denemelerde kullanılan borlu bileşiklerden bazıları aşağıda verilmiştir (Karayazıcı vd, 1980).

- 1) Borik asit
- 2) Boraks
- 3) Sodyum perborat
- 4) Magnezyum borat
- 5) Amonyum borat
- 6) Di amonyum oktaborat
- 7) Trietil borat
- 8) Amonyum pentaborat
- 9) Çinkoborat
- 10) Amonyum fluoborat
- 11) Di sodyum oktaborat
- 12) Bakır metaborat

Borlu bileşiklerin ticari olarak kullanımını artıran olumlu yönleri şöyle sıralanabilir (Hafizoğlu ve ark. 1994):

- 1) Yangın gibi, ağaç malzemenin yüksek sıcaklıkla karşı karşıya kaldığı durumlarda, dış tabakalardaki suyu süratle dışarı vererek hızla kömürleştirilmesi, böylece kömürleşen dış tabakadan içeriye ısının iletilmesini önleyerek yavaş yanmayı temin etmesi ve yangında acil müdahaleye zaman kazandırarak can ve mal kaybının azaltması,
- 2) Mantar ve böceklere karşı yüksek koruyuculuk etkisi,
- 3) Özellikle taze haldeki keresteye süratle ve derinlemesine nüfuzu ve böylece empenyede pahalı tekniklere ihtiyaç duyulmaması,
- 4) Ülkemizde, ucuza bolca bulunabilme imkanı,
- 5) Arsenikli, florlu veya çevreye yayılma imkânı bulunan asidik ve bazik zehirli bileşikleri içermemesi nedeniyle çevre dostu olması,
- 6) Suda veya yüksek rutubetli ortamlarda çözünübilirliği nedeniyle daha önceden koruyucu işlem görmüş veya görmemiş ahşap konstrüksiyonlarda tuz çubukları şeklinde ahşap üzerinde açılan deliklere yerleştirilmesi ve buralarda su veya rutubet etkisi ile çözünerek malzemeye yayılması yoluyla tahribata engel olması vb.

Borlu bileşiklerin bu olumlu yönlerinin yanı sıra aşağıda özetlenen sakıncalı özellikleri bu bileşiklerin kullanımını sınırlamaktadır. Bunlar (Hafizoğlu vd, 1994).

- 1) Suyla kolayca yıkanıp odundan uzaklaştığından, dış ortamlarda kullanılmasının sınırlı olması,
- 2) Taze haldeki odunların emprenyesine difüzyon yöntemi ile uygunluk göstermesine karşın, difüzyon süresinin uzunluğu,
- 3) Diğer sektörlerde daha yaygın kullanımına karşın, odun koruma sektöründe kullanımının yaygın olmaması.

Çalışmada kullanılan borlu bileşikler Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Bandırma, Bigadiç, Kırka, Emet ve Kestelek tesislerinden temin edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan borlu bileşiklere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Borik Asit

Borik asit, kolemanit cevherinden elde edilmektedir. Kolemanit, kalsinasyon fırınına verilmeden önce çeneli ve çekiçli kırıcılarla kırılarak ufalanır. Kalsinasyon fırınında billur suyun bir kısmı depolanır ve pinomatik konveyörle işletmeye sevk edilir. Reaktörler içinde kolemanit, ana çözücü ve sülfürik asitle muamele edilir (Hafizoğlu ve ark.1994)

Çalışmada kullanılan borik asit Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir ve özellikleri Çizelge 3.2' de verilmiştir (www.boren.com.tr, 2004)

Çizelge 3.2. Borik asitin kimyasal ve fiziksel özellikleri.

Kimyasal İçerikleri ve Özellikleri (Tipik)		
	Normal sülfat	Düşük sülfat
Safılık	99,90% min,	99,90% min,
B ₂ O ₃	56,25% min	56,25% min
SO ₄	500 ppm max	130 ppm max
Fiziksel İçerikleri ve Özellikleri (Tipik)		
Kristal		
Molekül Ağırlığı	61,83	61,83
Özgül Ağırlık	1,435 gr/cm ³	1,435 gr/cm ³
Yığın Yoğunluğu	0,8 gr/cm ³	0,8 gr/cm ³
Tane Boyutu	+1 mm 4%max	+1 mm 4%max
	-0,060 mm 4% max	-0,060 mm 5% max
Toz		
Özgül Ağırlık	1,435 gr/cm ³	-
Yığın Yoğunluğu	0,7 gr/cm ³	-
Molekül Ağırlığı	61,81 mg,	-

$2\text{CaO} + 3\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ reaksiyon denkleminde göre çözelti içinde meydana gelen borik asit içerdiği gibis çamurdan tasfiye edilmek üzere filtre edilir ve berrak çözelti kristalizatörlere sevk edilir. Kristalleşen borik asit çözeltisinden santrifüj edilerek ayrılırken, çözelti yeniden reaksiyona sokulmak üzere depolanır. Rutubetli borik asit ise kurutulmak üzere kurutucuya gönderilir. Kurutulan borik asit rutubete dayanıklı 10 ve 30'ar kg'lık torbalara konularak arz edilir. Borik asitin kullanım yerleri arasında, seramik, kozmetik, ilaç sanayi, meyvecilik, konservecilik, optik camların yapımı ve emprenye endüstrisi önem arz etmektedir (Hafizoğlu vd, 1994).

Boraks (Sodyum tetraborat penta hidrat)

Boraks, tinkal cevherinden üretilmektedir. Tinkal konsantresi bir paletli besleyici ve elevatörle reaktöre beslenir. Burada ana çözeltisi içinde sıcaklıkta çözünme işlemi tamamlanır. Çözeltinin içerdiği kil, tinkerde floküle edici bir madde ile çöktürüldükten sonra berrak kısım tekrar filtreden geçirilir ve kristallendirilmek

üzere kristalizatöre gönderilir. Kristal boraks, ana çözeltisinden santrifüj edilerek ayrılır. Ana çözelti tekrar reaksiyona sokulmak üzere depolanırken, rutubetli kristaller bir nakil bandına dökülerek kurutmaya sevk edilir (Hafizoğlu vd, 1994).

Boraks içerdiği billur suyuna göre dekahidrat, pentahidrat ve anhidir olarak üç tipe ayrılır. Deterjan, sabun, temizlik malzemesi, lehimcilik, kalaycılık, fotoğrafçılık, kozmetik imali, borosilikat cam malzemeler, yalıtım cam pamuğu, porselen ve emaye sanayi, gübre, yangın söndürücü, çimento ve deri endüstrisi, elektrik izolatörleri üretimi, flotasyon maddeleri, tekstil boyaları, insektisitler, emprenye endüstrisi, yapıştırıcı üretimi en çok çeşitli kullanım yerleri arasında sayılabilir (Hafizoğlu ve ark, 1994).

Çalışmada kullanılan Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne ait işletmelerde üretilen boraksın kimyasal özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir (www.boren.com.tr, 2004).

Çizelge 3.3. Boraksın kimyasal özellikleri.

Saflık	% 99. 90 min.
Molekül Ağırlığı	291.5
Özgül Ağırlığı	1.815 g/cm ³
Yığın Yoğunluğu	0.980 g/cm ³

3.2. METOD

3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan Kayın odunu keresteleri Tokat bölgesi orman endüstri işletmelerinden tesadüfi yöntemle seçilmiştir. Deney örnekleri, 250x25x10cm ebatlarında düzgün lifli, budak ve çatlak bulunmayan, mikroorganizmaların zararlarına uğramamış I.sınıf fırınlanmış kerestelerin diri odun kısımlarından elde edilmiştir.

Deney örnekleri Safranbolu M.Y.O da, yapılacak deneylere ait standartlarda belirtilen ölçülere uygun olarak kesilmiştir. Örnekler karşılaştırma amacıyla 21 gruba bölünmüştür. Gruplar Çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deney örneklerinin gruplandırılması.

Emprenye maddeleri	Isıl işlem faktörleri		
	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	
Emprenyesiz	Kontrol		
	170	4	
		8	
	190	4	
		8	
	210	4	
		8	
	Borik asit	Kontrol	
		170	4
			8
190		4	
		8	
210		4	
		8	
Boraks		Kontrol	
		170	4
			8
	190	4	
		8	
	210	4	
		8	

Odunun kendi bünyesinden kaynaklanabilecek farklılıkları en aza indirebilmek amacıyla deney ve kontrol örneklerinin gövde eksenini boyunca birbirini izleyen ve aynı yıllık halkaları içeren kısımlarından elde edilmesine özen gösterilmiştir. Her bir varyasyon için 10 örnek olmak üzere her bir deney grubu için 210 örnek hazırlanmıştır.

Uygun ölçülerde kesilen gruplandırılmış tüm örnekler daha sonra $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir.

3.2.2. Emprenye İşlemi

Deney örneklerinin emprenye işlemi ASTM D 1413-76 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Emprenye işlemi öncesinde örnekler $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta

değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş ve emprenye öncesi tam kuru ağırlıklar ($Moeö$) belirlenmiştir. Daha sonra örnekler tekrar % 65 bağıl nem ve 20°C oda sıcaklığında denge rutubet miktarında bekletilmişlerdir. Emprenye işleminden hemen önce denge rutubet miktarına ulaşan örneklerin ağırlıkları $\pm 0,01g$ duyarlıklı terazi ile tartılmış ($T1$) ve boyutları ölçülmüştür.

Emprenye işleminde kullanılan boraks ve borik asit bileşikleri Etibank bandırma bor fabrikasından toz halinde alınmıştır. Deneylerde kullanılan emprenye maddelerinin çözelti konsantrasyonları % 2,5 olacak şekilde damıtık su ile oda sıcaklığında hazırlanmıştır.

Emprenye yöntemi olarak vakum-basınç yöntemi uygulanmıştır. Emprenye işlemimde 31 cm çapında 55 cm derinliğinde bir vakum tüpü kullanılmıştır. Emprenye işleminde 100 mbar'lık 15 dakikalık vakum periyodunun ardından emprenye maddesi verilmiş ve 60 dakika süre ile 4 bar basınç uygulanmıştır. Basınç uygulaması bittikten sonra atmosfer basıncına dönülerek emprenye maddesi dışarı alınmıştır. Daha sonra 10 dakika 100 mbar lık vakum uygulanmıştır. Sonra örnekler emprenye kazanından alınmış ve ağırlıkları ($T2$) tartılmıştır. Daha sonra örnekler önce oda şartlarında tedrici kurumaya bırakılmış sonra etüvde $103\pm 2^\circ C$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuştur. Bunu takiben tam kuru emrenyeli ağırlıkları ($Moes$) tartılmıştır.

3.2.3. Retensiyon Miktarlarının Hesaplanması

Deney örneklerinin retensiyon miktarı (R , kg/m^3) ve retensiyon oranı (%) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır:

$$R = \frac{G.C}{V} \cdot 10kg / m^3 \quad (3.1)$$

$$R(\%) = \frac{Moes - Moeö}{Moeö} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Burada;

T1= Emprenye öncesi deney örneğinin ağırlığı (g)

T2= Emprenye sonrası örneğinin ağırlığı (g)

V= Örnek hacmi (cm³)

C= Çözelti konsantrasyonu (%)

Moes= Emprenye sonrası deney örneğinin tam kuru ağırlığı (g)

Moeö= Emprenye öncesi deney örneğinin tam kuru ağırlığı (g)

Tam kuru hale getirilen emprenyeli örnekler daha sonra ısıtılma tabi tutulmuştur.

3.2.4. Isıl İşlem Yöntemi

Isıl işleme tabi tutulacak örnekler $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Tam kuru hale gelen örnekler kurutma fırınından alınarak 0,01g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Isıl işlem uygulaması 3 ayrı sıcaklık ($170-190-210^{\circ}\text{C}$) ve 2 ayrı süre (4-8 saat) kombinasyonu ile toplam 6 varyasyonda gerçekleştirilmiştir.

Isıl işlem uygulaması sıcaklığı $\pm 1^{\circ}\text{C}$ duyarlıkta kontrol edilebilen bir etüvde normal atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem sonunda etüvden çıkarılan örnekler desikatörde soğutulmuş ve sonra örnek ağırlıkları tartılmıştır. Örnekler daha sonra % 12 rutubete getirilmek üzere deney anına kadar % 65 bağıl nem ve 20°C oda sıcaklığında denge rutubet miktarında bekletilmiştir.

3.2.5. Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybının belirlenmesi için; basınç direnci deneyleri için hazırlanmış $20 \times 20 \times 30$ mm boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Her bir emprenyesiz ısıtılma işlem görmüş ve emprenye maddesi için (3) ve her bir sıcaklık için (3) her bir süre için, (2) varyasyon da 10 adet olmak üzere $3 \times 3 \times 2 \times 10 = 180$ adet deney örneği hazırlanmıştır.

Isıl işlem öncesi etüv'de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuş örnekler kurutma fırınından alınarak $\pm 0,01$ g duyarlıklı elektronik terazide tartılmış ve (M_0) olarak kaydedilmiştir. Tam kuru hale gelen örnekler, daha sonra örnekler her bir sıcaklık ve odun türü için 10 adet olmak üzere

farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. Isıtılma işlemi sonrası örnekler yine etüv'de $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak $\pm 0,01$ g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır ve M_{1s} olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen sonuçlara göre ağırlık kayıpları %'de olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$A_k = \frac{M_0 - M_{1s}}{M_{1s}} \times 100 \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

A_k : Ağırlık kaybı (%),

M_0 : Tam kuru ağırlık (g),

M_{1s} : Isıtılma işlemi sonrası tam kuru ağırlık (g), değerlerini ifade etmektedir.

3.2.6. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneylerinde TS 2474 (TS 2474,1976), eğilmede elastikiyet modülü için TS 2478 esaslarına uyulmuştur. Eğilme direnci deneylerinde her bir varyasyon için 10 adet olmak üzere $20 \times 20 \times 300$ mm boyutlarında 210 adet örnek hazırlanmıştır.

Eğilme direnci deneylerinde TS 2474 esaslarına uyulmuştur (TS 2474, 1976). Deneyler yapılmadan önce tüm örnekler hava kurusu hale getirilmiş ve $\pm 0,01$ mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla örneklerin radyal yönü genişlik teğet yönü ise yükseklik olarak alınmak suretiyle genişliği ve yüksekliği ölçülmüştür. Örnekler makineye dayanak noktaları arasındaki açıklık kalınlığının 12 katı olarak yerleştirilmiş yük deney örneklerinin radyal yüzüne yıllık halkalara teğet yönde ve deney örneğinin tam orta kısmından uygulanmıştır. Daha sonra üniversal test makinesinin yükleme mekanizmasının hızı $1,5\pm 0,5$ dakikada kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Aşağıda verilen eşitlik yardımıyla eğilme direnci hesaplanmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3 * F * l_s}{2b * h^2} (N / mm^2) \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte;

σ_e : Eğilme direnci (N/mm^2),

F : Kırılma anında ölçülen maksimum kuvvet (N),

l_s : Dayanaklar arası açıklık (mm),

b : Örnek genişliği (mm),

h : Örnek yüksekliği (mm), değerlerini ifade etmektedir.

3.2.7. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde eğilme direnci deney örneklerinden yararlanılmış ve deneyler 2478 esslarına göre yürütülmüştür. Eğilmede elastikiyet modülü aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$E = \frac{F * L_s^3}{4 * f * b * h^3} (kp/cm^2) \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte;

E : Elastikiyet modülü (kp/cm^2),

F : Elastikiyet bölgedeki kuvvet (kp),

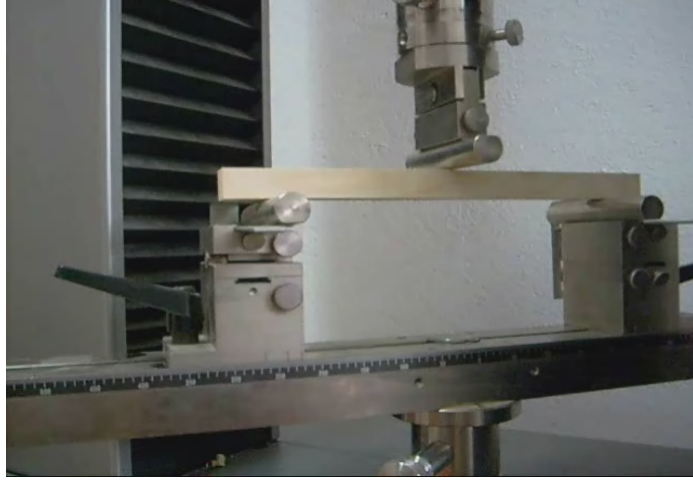
L_s : Dayanak açıklığı, (24 cm),

f : Eğilme miktarı (cm),

b : Örnek genişliği (cm),

h : Örnek yüksekliği (cm), değerlerini ifade etmektedir.

Üniversal test makinesinde yapılan eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3. Üniversal test cihazında eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi.

3.2.8. Liflere Paralel Basınç Direnci

Basınç direnci TS 2595 esaslarına göre 20x20x30 mm boyutlarında toplam 210 adet örnek kullanılarak tespit edilmiştir. Deneyler yapılmadan önce tüm örnekler hava kurusu hale getirilmiştir. Hazırlanan deney numuneleri lif yönü kuvvet yönüne paralel gelecek şekilde, Şekil 4.4’de görüldüğü gibi üniversal test makinesine yerleştirilmiştir. Üniversal test mekanizması, ezilmenin yükleme anından itibaren 1-2 dakika içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde çalıştırılmıştır (TS 2595, 1977). Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı ölçülüp, basınç dirençleri (σ_b); aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

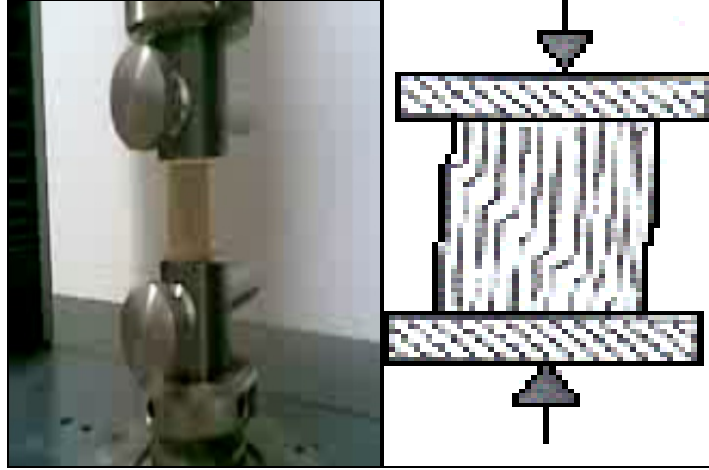
Burada,

$$\sigma_b = \frac{F}{A} N / mm^2 \quad (3.6)$$

A =Örneğin enine kesit alanı (mm²)

σ_b : Deney anında ölçülen kuvvet değeri (N),

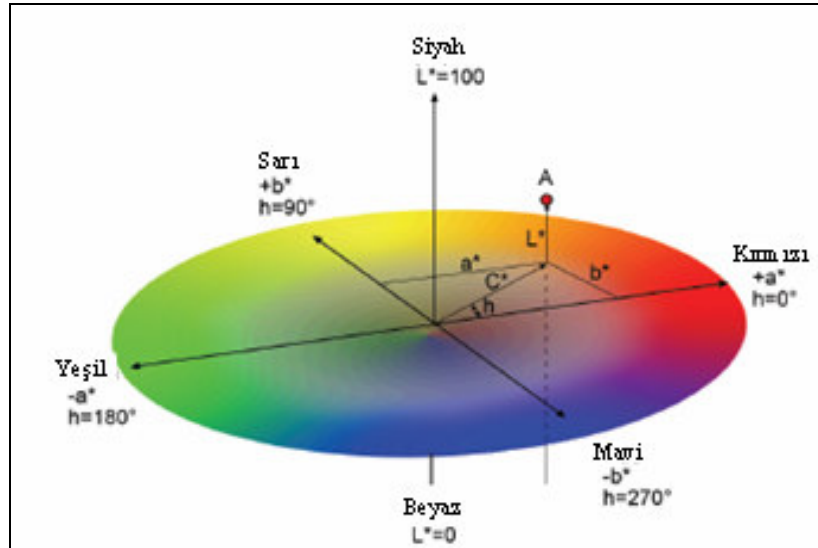
Üniversal test makinesinde liflere paralel basınç direnci deney örneği Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4. Üniversal test makinasında liflere paralel basınç direnci.

3.2.9. Renk Değişimi

Renk ölçümleri önceden kalibre edilebilen renk ölçme aleti ile ISO 7724-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Renk ölçümleri teğet ve radyal yüzeyde olmak üzere 20x50x100 mm boyutlarına sahip 420 adet deney örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5’de üç boyutlu CIE L^*,a^*,b^* renk bölgeleri görülmektedir.



Şekil 3.5. Üç boyutlu CIE L^*,a^*,b^* renk bölgeleri (Johansson, 2005).

L* koordinatı ışık açısını, a* kırmızı ve b* sarı koordinatlarıdır. Şekil ayrıca C* ve h kutup bölgelerinde renklerin nasıl oluştuğunu göstermektedir. CIEL*a*b* renk sisteminde renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L*, a*, b* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L* siyah-beyaz (siyah için L*=0, beyaz için L*=100) ekseninde, a*kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır. Değişim, rengin hangi tonunda etkili olduğunu belirlemek amacıyla kırmızı renk tonu (a*), sarı renk tonu (b*) ve renk açısı (L*) değerleri birbirinden bağımsız olarak incelenmiştir. Ayrıca, toplam renk değişimi (ΔE^*_{ab}) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte;

ΔE^*_{ab} : Isıl işlem sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk değişimini,

ΔL : Siyah-beyaz renk değişimini,

Δa : Kırmızı-yeşil renk değişimini,

Δb : Sarı-mavi renk değişimini, ifade etmektedir.

3.2.10. Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda örneklere ait verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programdan faydalanılmıştır. Çalışmadaki faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizlerine başvurulmuştur. Anlamlı bulunan faktörler üzerinde, farklılığın boyutunu belirleyebilmek için Duncan testleri yapılmıştır. Ayrıca ortalama ve istatistiksel analizler için tanımlayıcı istatistiklerden faydalanılmıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

4.1. EMPRENYE ÇÖZELTİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Doğu kayını örneklerinin emprenye edilmesi işlerinde kullanılan çözeltilerin özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Emprenye çözeltilerinin özellikleri.

Emprenye Maddeleri	Çözücü türü	Çözelti Konstrasyonu (%)	pH		Yoğunluk(g/ml)	
			E.Ö	E.S	E.Ö	E.S
Borik asit	Damıtık su	2,5	5,79	6,23	1,009	1,011
Boraks	Damıtık su	2,5	9,39	8,87	1,012	1,013

E.Ö:Emprenye öncesi, E.S:Emprenye sonrası ortam sıcaklığı 24 °C dir.

Bu sonuçlara göre çözeltilerin emprenye öncesinde ve sonrasında ölçülen pH değerleri ve yoğunluklarında önemli ölçüde değişimler olmamıştır.

4.2. EMPRENYE SONRASI ÖRNEKLERİN ABSORPLADIĞI EMPRENYE MADDESİ MİKTARLARI (RETENSİYON)

Örneklerin emprenye çözeltileri ile emprenye edilmesi sonucu elde edilen retensiyon miktarları tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak ve tutunma miktarı kg/m³ olarak çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Retensiyon miktarları.

Emprenye maddeleri	Borik asit	Boraks
Retensiyon Oranı(%)	2,73	2,98
Retensiyon Miktarları (kg/m ³)	12,53	14,02

Kayın odununun boraks ile emprenye edilmesi sonucunda % ve kg/m³ olarak retensiyon miktarlarının borik asite göre önemsiz olduğu gözlemlenmiştir.

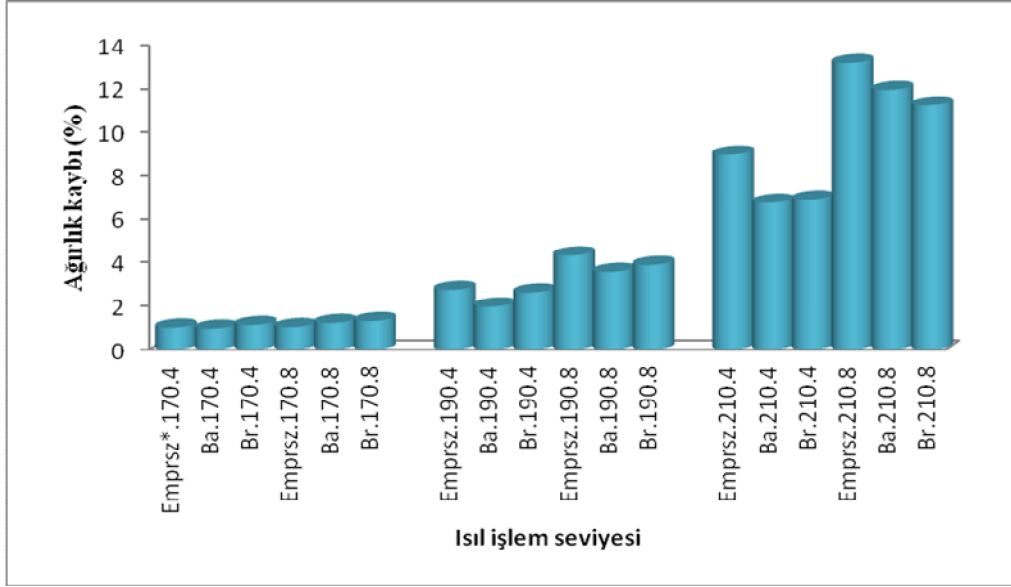
4.3. AĞIRLIK KAYBI

Emprenyesiz ve borik asit ve boraks ile emprenye edildikten sonra 170-190 ve 210°C derecelerde 4 ve 8 saat süreyle ısıl işleme maruz bırakılan deney örneklerinin ağırlık kaybına ilişkin ortalama değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ağırlık kaybı (%).

Emprenye maddeleri	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (%)
Emprenyesiz	170	4	1,01
		8	1,03
	190	4	2,75
		8	4,33
	210	4	8,97
		8	13,18
Borik asit	170	4	0,96
		8	1,22
	190	4	1,98
		8	3,57
	210	4	6,76
		8	11,96
Boraks	170	4	1,13
		8	1,31
	190	4	2,63
		8	3,89
	210	4	6,91
		8	11,24

Isıl işlem sıcaklığı arttıkça meydana gelen ağırlık kaybının da arttığı belirlenmiştir. Kontrol örneklerine göre en az ağırlık kaybı 170°C de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde görülürken en yüksek ağırlık kaybı ise 210°C de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde görülmüştür. Emprenyesiz 190°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde ağırlık kaybı % 4,33 olurken, borik asitle emprenye edilmiş ve 190°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde % 3,57, boraksla emprenye edilen deney örneklerinde ise %3,89 ağırlık kaybı meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla ağırlık kaybı 210°C'de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde görülmüştür. Emprenyesiz 210°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde ağırlık kaybı %13,18 olurken, borik asit ile emprenye edilen 210°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde % 11,96 boraks ile emrenye edilen deney örneklerinde ise %11,24 ağırlık kaybı olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 4.3). Isıl işlem süresi arttıkça ağırlık kaybınında tüm örneklerde arttığı belirlenmiştir. Emprenyesiz ısıl işlem görmüş örneklerle boraks ve borik asit ile emprenye edilen ısıl işlem görmüş deney örneklerindeki ağırlık kaybı kıyaslandığında, 170°C de uygulanan sürelerdeki emprenyesiz örneğin ağırlık kaybı ile emprenyeli örneklerin ağırlık kaybı arasında önemli bir fark gözlenmemiş ancak bu sıcaklıktan sonra emprenyesiz örneklerin ısıl işlem süre ve sıcaklığı artıkça ağırlık kaybı oranlarının borik asit ve boraksla emprenye edilmiş olanlara göre daha yüksek olduğu ve sıcaklık arttıkça bu farkın daha da belirginleştiği belirlenmiştir (şekil 4.1). Boraks ve borik asit karşılaştırıldığında ise sıcaklık ve süreye bağlı olarak ağırlık kaybında meydana gelen bu azalışın dikkate değer bir fark göstermediği gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Ağırlık kaybına ilişkin grafik.

Sonuç olarak; ısıl işlemin ağırlık kaybına neden olduğunu ve ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybının da arttığını göstermiştir. Emprenyesiz, 210°C’de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde ağırlık kaybı %13,8 olarak belirlenmiştir. Literatürde ağırlık kaybındaki azalmanın ısıl işlem metoduna, sıcaklığına ve zamanına bağlı olduğu belirtilmektedir (Seborg et al. 1953; Stamm, 1956; Rusche,1973; Fung et al. 1974). Feist and Sell (1987). 180-200°C sıcaklıklarda kayın odunu ağırlık kaybının %10-15 arasında olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca başka bir çalışmada 24 saat süresince ısıl işlem yapılan ladin odununda 120°C’de başlayan ağırlık kaybının % 8 iken 200°C’de bu oranın %15,5 dolaylarında olduğu bulunmuştur (Fengel,1966). Literatürdeki sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir.

Boraks ile emprenye edilen deney örnekleri ile borik asit ile emprenye edilen deney örnekleri kıyaslandığında ise aralarında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak belirli bir sıcaklıktan sonra emprenyesiz deney örneklerindeki ağırlık kaybı oranlarının borik asit ve boraksla emprenye edilmiş olanlara göre daha yüksek olduğu ve sıcaklık arttıkça bu farkın daha da belirginleştiği gözlenmiştir.

4.4. EĞİLME DİRENCİ

Emprenyesiz, borik asit ve boraks ile emprenye edildikten sonra 170-190 ve 210°C sıcaklıklarda 4 ve 8 saat süreyle ısıtılma maruz bırakılan kayın odununun eğilme direnci ortalama değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Emprenye maddeleri	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (N/mm ²).	Standart sapma	Değişim (%)
Emprenyesiz	Kontrol		118,67	10,11	
	170	4	115,56	14,08	0,026
		8	88,28	13,13	0,256
	190	4	67,09	8,73	0,434
		8	119,76	11,08	-0,009
	210	4	79,70	7,70	0,328
8		50,77	9,92	0,572	
Borik asit	Kontrol		112,11	11,52	0,055
	170	4	120,73	20,16	-0,017
		8	86,31	13,72	0,272
	190	4	70,21	7,24	0,408
		8	107,73	9,90	0,092
	210	4	85,58	8,08	0,278
8		58,33	9,73	0,508	
Boraks	Kontrol		110,69	14,21	0,067
	170	4	129,85	10,01	-0,094
		8	94,25	6,98	0,205
	190	4	60,65	5,76	0,488
		8	127,47	9,23	-0,074
	210	4	76,12	16,96	0,358
8		31,95	4,14	0,730	

Isıl işlem görmemiş emprenyeli ve emprenyesiz kontrol örnekleri kıyaslandığında emprenye işleminin eğilme direncini azalttığı belirlenmiştir (Şekil 4.2). Isıl işlem görmüş deney örneklerinin (emprenyeli ve emprenyesiz) eğilme direnci değerleri değerlendirildiğinde ısıtılma sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direnci değerlerinin düştüğü belirlenmiş ve sıcaklığın etkisinin süreden daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Emprenyesiz 170°C’de 8 saat ısıtılma maruz tutulmuş deney örneklerinde eğilme direnci % 25,6 düşerken, borik asitle emprenye edilmiş

210°C’de 8 saat ısıtım işlemine tabi tutulmuş deney örneklerinde eğilme direncinde %50,8 düşüş belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Isıl işlem görmüş emprenyesiz ve emprenyeli örnekler kıyaslandığında ise emprenyeli örneklerin eğilme direncinin 170°C derece sıcaklıkta ve uygulanan ısıtım işlem süreleri için emprenyesiz örneklere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böylece 170°C de uygulanan sürelerde emprenye ve ısıtım işlem uygulanmasında emprenyeli örneklerin eğilme direncinde meydana gelen azalmanın emprenyesizlere göre daha düşük olduğu söylenebilir. Ancak 170°C den sonra emprenyesiz örneklerin eğilme direncinin emprenyelilere oranla belirgin fark göstermediği belirlenmiştir.

Emprenye maddesi, ısıtım işlem sıcaklığı ve süresi ayrıca bunların etkileşimlerinin eğilme direnci üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge 4.5’ e göre emprenye maddesi, ısıtım işlem sıcaklığı ve süresi ve bunları etkileşimlerinin eğilme direnci üzerine $P \leq 0,05$ anlam düzeyinde etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Eğilme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Emprenye	147,58	2,00	73,79	0,59	0,00
Sıcaklık	5067,87	1,00	5067,87	40,30	0,00
Süre	122104,76	2,00	61052,38	485,50	0,00
Emprenye * Sıcaklık	773,48	2,00	386,74	3,08	0,04
Emprenye * Süre	5643,07	4,00	1410,77	11,22	0,00
Sıcaklık * Süre	1790,49	2,00	895,24	7,12	0,00
Emprenye * Sıcaklık * Süre	1497,03	4,00	374,26	2,98	0,02
Hata	23767,13	189,00	125,75		
Toplam	1919726,1	210,00			

Varyans analizine göre emprenye maddesi, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve bunların etkileşimlerinin eğilme direnci üzerine % 95 güven aralığında önemli olduğu belirlenmiştir.

Deney koşullarının eğilme direnci üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için duncan testi yapılmış ve bu sonuçlarına göre eğilme direncine ait farklı homojenlik grupları verilmiştir (Çizelge 4.6). Bu sonuçlara göre borik asit emprenye maddesi eğilme direncini en fazla düşürmüştür. Boraks ile kontrol arasında önemli bir fark belirlenmemiştir. 210°C’ de eğilme direncinin değerleri en düşük, 170°C’ de ise en yüksek olduğu belirlenmiştir.

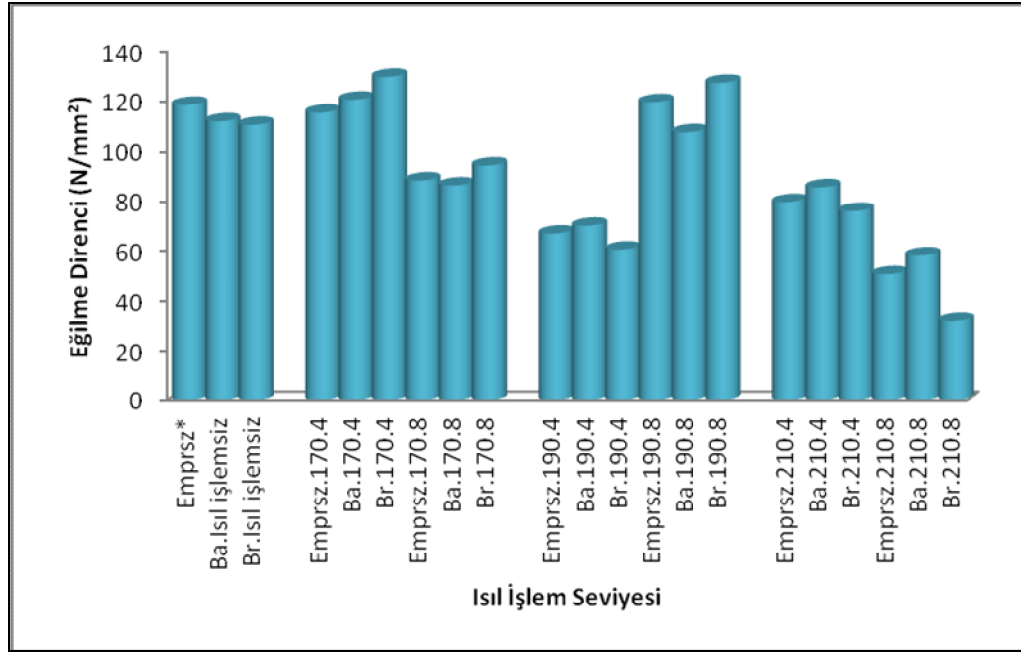
Boraks ve borik asit ile emprenye edilen deney örnekleri kıyaslandığında ise, boraksla emprenye edilmiş deney örneklerindeki eğilme direncindeki düşüşün daha fazla olduğu belirlenmiştir. Borik asit ile emprenye edilmiş 210°C’de 4 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde eğilme direnci % 27,8 düşerken, boraks ile emprenye edilmiş 210°C’de 4 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde eğilme direncindeki düşüş % 35,8 olarak belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre ısıtılma işlem öncesi boraks ve borik asitle emprenye edildikten sonra ısıtılma işlem uygulandığında eğilme direncinde en iyi iyileşme 170°C da ulaşıldığı ve bu sıcaklıktan sonra sıcaklık arttıkça eğilme direncinde tekrar azalmaların olduğu belirlenmiştir. Boraks ve borik asit kıyaslandığında ise ısıtılma işlem öncesi boraksla muamele edilmiş örneklerin eğilme direncinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Eğilme direncine ait duncan sonuçları.

	Kompozisyon	Ortalamalar	H.G*
Emprenye maddeleri	Borikasit	77,16	A
	Boraks	90,14	B
	Kontrol	91,40	B
Süre (saat)	Kontrol	80,20	A
	8	81,94	A
	4	92,55	B
Sıcaklık(°C)	210	56,50	A
	Kontrol	80,20	B
	190	85,04	C
	170	120,18	D

* HG:Homojenlik grupları



Şekil 4.2. Emprenyeli ve emprenyesiz odunun farklı ısıl işlem şartlarına bağlı olarak eğilme direnci değişimi.

Bizim çalışmamızda emprenyesiz örneklerde 210°C 8 saat süre içinde eğilme direncinde %57'lik bir azalma belirlenmiştir. Emprenyesiz örneklerin, ısıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak eğilme direncindeki azalmaya benzer sonuçlar literatürde de belirtilmektedir. Bu çalışmalarda ısıl işlemin eğilme direncinde %1-72 oranında azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. (Yıldız, 2002; Johansson and moren, 2006; Esteves et al. 2007a; Esteves et al. 2007b; shi et al. 2007; Korkut, 2008; Korkut vd, 2008). Korkut (2008) 180°C normal atmosfer şartlarında yapılan ısıl işlem sonucunda %16'lık azalma bulmuşlardır. Yapılan başka bir çalışmada 200°C'de 5 saat ısıl işlem uygulanan chamaecyparis obtusa ve Fagus crenata örneklerinin eğilme direnci değerlerine ait azalma oranları yaklaşık %50 civarında bulunmuştur.

Isıl işlem sonrası eğilme direncindeki azalmanın esas nedeni hemiselülozların degradasyonuna atfedilir. Çünkü çok yüksek sıcaklıklarda olmayan ısıl işlem sonrasında selüloz ve ligninde ne depolimerizasyon nede degradasyon gözlenmediği belirtilmektedir. Isıl işlem sıcaklığının artışı ile birlikte eğilme direncindeki azalma artar. Ayrıca, hemiselüloz miktarıyla eğilme direnci arasında pozitif bir ilişki

vardır.(Sweet and Winandy, 1999; Winandy and Lebow, 2001; Winandy and Morelli 1993)

Sonuç olarak, ısıt işlem esnasında eğilme direncindeki düşüşün, ısıt işlem öncesi boraksla muamele sonucunda hafifletildiği belirlenmiştir. En iyi değerler boraks ile empenye sonucu 170°C’de 4 saat muamele görmüş örneklerde tespit edilmiştir. En fazla düşüş %73 ile boraks ile empenye edilmiş ve 210°C de 8 saat ısıt işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde belirlenmiştir.

Çalışmada bulunan sonuçlara göre ısıt işlem öncesi boraks ile empenye edilen örneklerin eğilme direncinde empenyesiz işlem gören örneklere oranla daha az bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Buna göre ısıt işlem öncesi empenye işleminin ısıt işlemin eğilme direnci üzerindeki olumsuz etkiyi azalttığı söylenebilir. Literatürdeki sonuçlar bu çalışmada bulunan sonuçları desteklemektedir. Şöyleki Awoyemi (2008) ve Awoyemi and Westermarck (2005) boraksla ön işlem gördükten sonra ısıt işleme tabitutulmuş örneklerde yaptıkları çalışmalarında ısıt işlemin odunun direnç özellikleri üzerindeki negatif etkisinin boraksla ön işlem sonucunda hafifletildiğini belirtmektedirler. Borlu tuzlarla odunun ön muamelesi sonucunda ısıt işlem sonucunda odunda meydana gelen termal degradasyonun azaltıldığı belirtilmekte (Awoyemi and Westermarck 2005, Winandy 1997) ve bunun hemiselülozlardan ayrılan asetik asitin dengelenmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir.

4.5. EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ

Emprenyesiz ve borik asit ve boraks ile empenye edildikten sonra 170-190 ve 210 °C sıcaklıklarda 4 ve 8 saat süreyle ısıt işleme maruz bırakılan kayın odununun eğilme de elastikiyet modülüne ait ortalama değerleri Çizelge 4.7’de ve empenyeli ve empenyesiz odunun farklı ısıt işlem şartlarına bağlı olarak elastikiyet modülündeki değişimi Şekil 4.3’de verilmiştir. Isıt işlem görmemiş empenyesiz örneklerin elastikiyet modülü değerlerinin empenyelilerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Isıt işlem görmüş kontrol ve empenyeli örnekler kıyaslandığında ise empenyeli örneklerin elastikiyet modülünün bir miktar daha yüksek olduğu

gözlemlenmektedir. Isıl işlem sıcaklığı dikkate alındığında ise 190°C'ye kadar ısıl işlem sıcaklığı arttıkça elastikiyet modülünün arttığı ancak 210°C'de ise önemli bir düşüşün olduğu belirlenmiştir.

Emprenyesiz 190°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde elastikiyet modülündeki artış % 1,5 belirlenirken, ısıl işlem sıcaklığının artması ile borik asit ile emprenye edilmiş 210°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde % 14,2 boraks ile emprenye edilmiş 210°C'de 8 saat ısıl işlem görmüş deney örneklerinde % 31,4'lük bir düşme belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı ısıl işlem muamelesi gören emprenyesiz ve emprenyeli odunun elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Emprenye maddeleri	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (N/mm ²)	Standart sapma	Değişim (%)	
Emprenyesiz	Kontrol		9721,29	1213,80	-	
	170	4	9466,56	1234,68	0,026	
		8	8703,97	805,40	0,104	
	190	4	8076,50	796,17	0,169	
		8	9867,50	638,85	-0,015	
	210	4	8541,05	530,57	0,121	
		8	7430,35	694,81	0,235	
	Borik asit	Kontrol		9489,87	923,19	0,023
		170	4	10653,79	994,23	-0,095
			8	9612,57	996,38	0,011
190		4	9087,06	350,60	0,065	
		8	9984,99	761,32	-0,027	
210		4	9434,28	469,92	0,029	
		8	8332,25	694,72	0,142	
Boraks		Kontrol		9389,94	707,55	0,034
		170	4	12439,47	814,65	-0,279
			8	11211,45	398,35	-0,153
	190	4	8658,08	662,89	0,109	
		8	12552,07	656,78	-0,291	
	210	4	9980,46	2022,90	-0,026	
		8	6664,89	611,12	0,314	

Emprenye maddesi, ısıl işlem sıcaklığı ve süresi ayrıca bunların etkileşimlerinin elastikiyet modülü üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.8'de verilmiştir. Buna göre emprenye maddesi, ısıl işlem

sıcaklığı ve süresinin elastikiyet modülü üzerine etkisinin %95 güven aralığında anlamlı olduğu, ancak emprenye*sıcaklık*sürenin birlikteki etkileşiminin ise önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Eğilmede elastikiyet modülüne ait çoklu varyans analizi sonuçları.

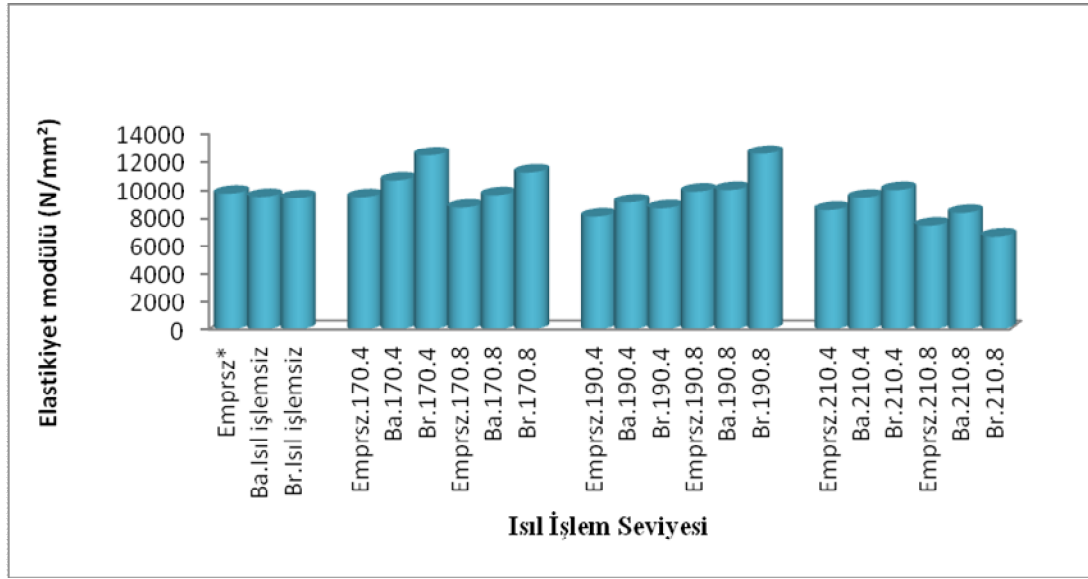
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Emprenye	38370492,14	2,00	19185246,07	24,64	0,00
Sıcaklık	14572949,43	1,00	14572949,43	18,72	0,00
Süre	233687560,41	2,00	116843780,20	150,06	0,00
Emprenye * sıcaklık	6118302,54	2,00	3059151,27	3,93	0,02
Emprenye * süre	66218898,39	4,00	16554724,60	21,26	0,00
Sıcaklık * süre	8787524,99	2,00	4393762,50	5,64	0,00
Emprenye * sıcaklık * süre	6293699,77	4,00	1573424,94	2,02	0,08
Hata	147164258,37	189,00	778646,87		
Toplam	19471759986,97	210,00			

Deney koşullarının elastikiyet modülü üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için duncan testi yapılmış ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre emprenye maddeleri değerlendirildiğinde en düşük elastikiyet modülü değerlerine borik asitle emprenye edilmiş örneklerde rastlandığı belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığı değerlendirildiğinde ise 170°C’nin elastikiyet modülü için en yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem süresi dikkate alındığında ise 4 saat muamelenin en yüksek değerleri verdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Elastikiyet modülüne ait duncan sonuçları.

	Kompozisyon	Ortalamalar	H.G
Emprenye maddeleri	Borikasit	8173,86	A
	Boraks	8829,60	B
	Kontrol	10128,05	C
Süre (saat)	Kontrol	6407,78	A
	8	9198,65	B
	4	9767,72	C
Sıcaklık (°C)	Kontrol	6407,78	A
	210	8041,52	B
	190	9580,63	C
	170	10827,40	D

* HG:Homojenlik grupları



Şekil 4.3. Emprenyeli ve emprenyesiz odunun farklı ısıl işlem şartlarına bağlı olarak elastikiyet modülü değişimi.

Şekil 4.3 değerlendirildiğinde, ısıl işlem sıcaklığının artışıyla elastikiyet modülünde 190°C'ye kadar artış olduğu fakat 210°C'de tekrar düşüş olduğu gözlenmiştir. Isıl işlem görmüş örnekler kıyaslandığında, genel olarak bütün ısıl işlem sıcaklıklarında ve sürelerde emprenyeli örneklerin emprenyesizlere kıyasla bir miktar daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Boraks ile borik asit kıyaslandığında ise aralarında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada bulunan sonuçlara göre elastikiyet modülü emprenyesiz örneklerde ısı işlem sıcaklığı arttıkça önce artış göstermekte sonra 210°C ' de düşüş olmaktadır. Literatürde ısı işlemin eğilimde elastikiyet modülünü arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur. (Shi et.al. (2007) 202°C' de göknar odununda %17'lik bir artış olduğunu bulmuşlardır. Chang ve Keith (1978) ılımlı ısı işlem sonucu odun örneklerinin elastikiyet modülünün önemsiz oranda arttığını ancak çok yüksek sıcaklıklarda muamelenin elastikiyet modülünde azalmaya neden olduğunu belirtmektedirler.

Bekta ve Niemz (2003) ısı işlem sonucu elastikiyet modülündeki değişimin önemsiz olduğunu belirtmektedirler. Hills and Rozsa'ya (1978) göre yüksek sıcaklık ve sürenin elastikiyet modülünü arttırıcı rolü şu şekilde açıklanmaktadır; odun, kısmen kristal yapıdaki mikrofibrillerden ve geniş olarak hemiselüloz ve lignin gibi amorf polimerik bileşenlerden meydana gelmektedir. Belli bir sıcaklığın üzerinde ısı işleme tabi tutulduğunda çoğu amorf polimerik materyaller kırılğan (glassy-camsı) yapılarını elastik duruma dönüştürebilmektedir. Kristal yapıdan elastik yapıya dönüş veya yumuşama sıcaklığında, bireysel polimerlerin karşılıklı çekim kuvvetlerini azaltan yeterli enerjiye sahip olmaları sözkonusudur. Böylelikle bu odun polimerleri elastiki veya daha büyük oranda plastik bir yapıya dönüşebilmektedir. Odunu plastikleştirilebilmek amacıyla ağaç cinslerinin büyük bir kısmının su veya buharla ısıtıldığı bilinmektedir. Buharlama sırasında pektinin tümü ve ligninin bir kısmı çözülmemektedir. Orta lameldeki bağlayıcı maddenin çözülmesi dokuları gevşetmekte ve odun böylece daha elastik bir yapı kazanabilmektedir (Çolakoğlu, 2001).

Elastikiyet modülündeki küçük fakat fark edilebilir artış hemiselülozların degradasyonuna rağmen ısı işlem sonrası kristal selülozun nisbi miktarındaki artıştan kaynaklanmış olabilir.

Emprenyeli odunun ısı işlem görmesi sonrasında elastikiyet modülündeki 210°C'ye kadarki önce önemsiz miktardaki artışı ve sonra azalışı emprenyesiz ısı işlem görmüş oduna benzer bir yapı göstermektedir. Elastikiyet modülündeki en fazla düşüş % 31,4 ile boraks ile emprenye edilmiş ve 210°C'de 8 saat ısı işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde belirlenmiştir. Ancak boraksla ön işleme tabi tutulduktan

sonra ısıtılma işleme maruz bırakılan örneklerin 190°C 8 saat süre için elastikiyet modülünde %29,1 artış gözlenmiştir. Boraksın ön işlem olarak uygulandıktan sonra ısıtılma işlem yapılması durumunda elastikiyet modülündeki bu iyileşme durumu literatürde benzerlik göstermektedir (Awoyemi and Westermark).

4.6. LİFLERE PARALEL BASINÇ DİRENCİ

Emprenyesiz, borik asit ve boraks ile emprenye edildikten sonra 170-190 ve 210°C sıcaklıklarda 4 ve 8 saat süreyle ısıtılma işleme maruz bırakılan deney örneklerinin liflere paralel basınç direncine ait ortalama değerleri Çizelge 4.10'da ve emprenyeli ve emprenyesiz deney örneklerinin farklı ısıtılma şartlarına bağlı olarak basınç direncindeki değişimi Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı ısıtılma işlem muamelesi gören emprenyesiz ve emprenyeli odunun liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²).

Emprenye maddeleri	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (N/mm ²)	Standart sapma	Değişim (%)	
Emprenyesiz	Kontrol		63,26	2,77		
	170	4	72,21	1,77	-0,141	
		8	70,43	5,39	-0,113	
	190	4	65,28	4,52	-0,031	
		8	70,46	2,12	-0,113	
	210	4	70,27	3,20	-0,110	
		8	60,80	1,36	0,038	
	Borikasit	Kontrol		70,92	3,06	-0,121
		170	4	75,17	2,98	-0,188
			8	76,74	3,00	-0,213
190		4	66,50	6,71	-0,051	
		8	72,93	5,66	-0,015	
210		4	71,67	4,66	0,013	
		8	61,44	6,34	0,028	
Boraks		Kontrol		67,16	4,18	-0,061
		170	4	69,68	5,99	-0,101
			8	72,26	4,42	-0,142
	190	4	69,33	6,46	-0,095	
		8	74,14	4,06	-0,171	
	210	4	70,68	3,63	-0,117	
		8	56,94	6,10	0,099	

Isıl işlem görmemiş kontrol örnekleri kıyaslandığında emprenye işleminin basınç direncini önemli oranda arttırdığı görülmektedir. Ayrıca ısıl işlem sıcaklığı artıka 190°C'ye kadar liflere paralel basınç direncinde artış olduğu sonra tekrardan düşüş olduğu gözlenmiştir. Borik asit ve boraksı kıyasladığımızda borik asitle muamele edilmiş ve ısıl işlem görmüş örneklerin boraksa oranla biraz daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Emprenyesiz 170°C'de 4 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde basınç direncinin %14,1 borik asit ile emprenye edilmiş deney örneklerinde % 18,8 boraks ile emprenye edilmiş deney örneklerinde ise %10,1 artış belirlenmiştir. 210°C'de ısıl işlem süresi arttıkça basınç direncinde düşüş gözlenmiştir. Emprenyesiz 210°C'de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde basınç direncinin % 3,8 borik asit ile emprenye edilmiş ve 210°C'de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde % 2,8 boraksla emprenye edilmiş ve 210°C'de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde % 9,9 düştüğü belirlenmiştir.

Emprenye madelsi, ısıl işlem sıcaklığı, süresi ve bunların etkileşimlerinin liflere paralel basınç direnci üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Basınç direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Emprenye	468,61	2,00	234,31	11,59	0,00
Sıcaklık	443,93	1,00	443,93	21,95	0,00
Süre	3129,16	2,00	1564,58	77,38	0,00
Emprenye * sıcaklık	29,81	2,00	14,90	0,74	0,48
Emprenye * süre	45,13	4,00	11,28	0,56	0,69
Sıcaklık * süre	435,37	2,00	217,68	10,77	0,00
Emprenye * sıcaklık * süre	368,41	4,00	92,10	4,55	0,00
Hata	3821,70	189,00	20,22		
Toplam	1007641,38	210,00			

Varyans analiz sonuçlarına göre basınç direnci üzerine emprenye maddesi, ısıtıl işlem sıcaklığı ve süresinin etkisinin liflere paralel basınç direnci üzerine etkisinin % 95 güven aralığında önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak emprenye*sıcaklık ve emprenye*sürenin birlikteki etkileşimlerinin ise %95 güven aralığında önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın sınıflandırılmasının yapılabilmesi için Duncan testi yapılmış ve duncan testi sonuçları çizelge 4.12’de verilmiştir.

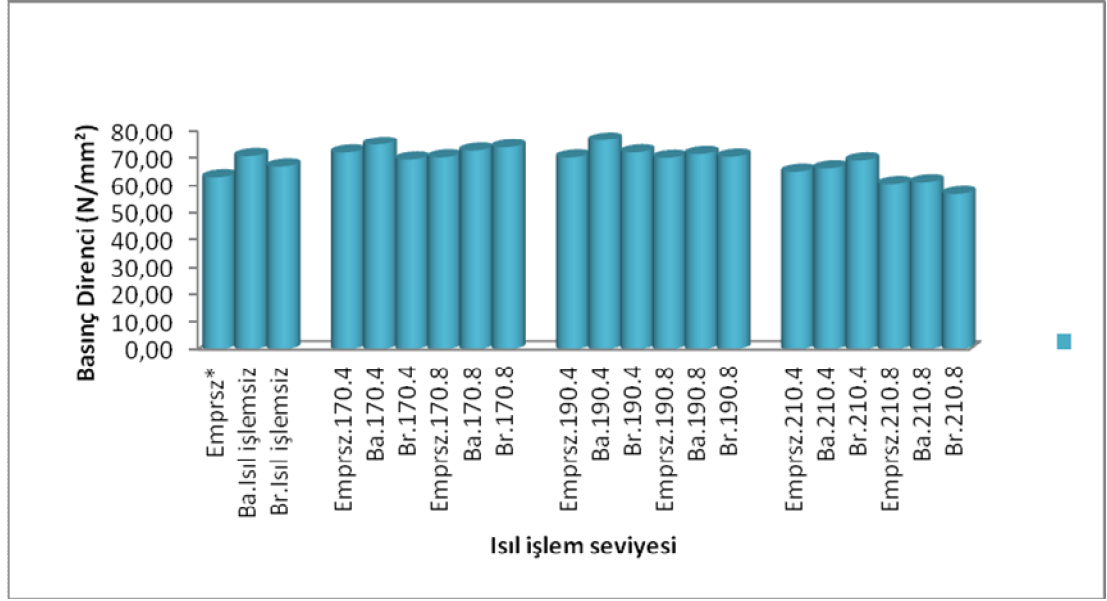
Bu sonuçlara göre basınç direnci borik asitle emprenye edilmiş örneklerde en yüksek değeri vermiştir. Isıtıl işlem sıcaklığı dikkate alındığında en yüksek değerler 170°C de elde edilmiş ve 4 saat ısıtıl işlem görmüş örneklerin 8 saat ısıtıl işlem görmüş olanlara göre daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Liflere paralel basınç direncine ait duncan sonuçları.

	Kompozisyon	Ortalamalar	H.G*
Emprenye maddeleri	Kontrol	67,53	A
	Boraks	68,60	A
	Borikasit	70,76	B
Süre (saat)	Kontrol	67,11	A
	8	67,70	A
	4	70,84	B
Sıcaklık (°C)	210	63,38	A
	Kontrol	67,11	B
	190	72,01	C
	170	72,43	C

* HG:Homojenlik grupları

Basınç direncinin, emprenyeli ısıtıl işlem görmüş örneklerde, emprenyesiz ısıtıl işlem görmüş kontrol örneklerine oranla daha yüksek değerler gösterdiği (210°C’de 8 saat hariç) söylenebilir. Ayrıca basınç direnci açısından değerlendirildiğinde borik asitle emprenye edildikten sonra 170°C sıcaklıkta ısıtıl işlem görmüş örneklerin en yüksek basınç direnci değerleri verdiği görülmüştür. (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Liflere paralel basınç direnci.

Benzer sonuçlar Thermo Wood Handbook 2003 kitabında da belirtilmektedir ve 195°C'de 3 saat süreyle ısıl işlem görmüş kerestelerin normal odundan %30 daha yüksek basınç direncine sahip olduğu belirtilmektedir. Ancak, bu sonuçlar literatürdeki bazı çalışmalara zıtlık göstermektedir ve bu çalışmalar basınç direncinin ısıl işlem sonucu %2 ile %32 oranında azaldığını belirtmektedir. (Shneider,1973; Korkut, 2008; Yıldız, 2002; Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut vd, 2008). Korkut (2008) ve Yıldız vd, (2006) normal atmosfer şartlarında yaptıkları ısıl işlem sonucunda liflere paralel basınç direncinde azalmalar olduğunu belirtmektedirler ki bu durum birkaç faktörle açıklanabilir; odunun mekanik özellikleri rutubet miktarıyla yakından ilişkilidir. Bağlı su miktarındaki artış ve hücre çeperinin polimerik bileşikleri arasındaki hidrojen bağlarının azalması direnç özelliklerini azaltır. Çünkü direnç kovalent ayrıca hidrojen polimer bağlarıyla ilişkilidir. (Fengel and Wegener, 1989; Winandy and Rowell, 1984). Böylece ısıl işlem direnç özelliklerine pozitif katkıda bulunabilir. Çünkü ısıl işlem görmüş odun daha az higroskopiktir ve maksimum bağlı su miktarı azalmıştır (Boonstra et al. 2007a). Winandy and Rowell (1984) hücre çeperi bileşenlerinin (selüloz, hemiselüloz, lignin) direnç özelliklerine farklı derecelerde katkıda bulunduğunu belirtmektedirler. Isıl işlem odun bileşenleri ve bunların birbirleriyle etkileşimlerini etkiler ve böylece odunun mekanik özellikleri etkilenir. Ayrıca kristal selülozunun katı ve sert yapısı liflere paralel yöndeki basınç

direncindeki artışa katkıda bulunabilir (Boonstra et al. 2007b). Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine ligninin etkisi açık değildir. Lignin selüloz mikrofibrillerin sertleştiricisi olarak rol oynar (Sweet and Winandy, 1999). Lignin ayrıca orta lamelin ana bileşenidir (Fengel and Wegener, 1989) ve lignin polimer ağının artan çapraz bağları orta lamelin direncini artırır ve sonuç olarak hücre çeperinin direnç özelliklerini etkiler. Bu olay lignin polimer ağının odunun direnç özelliklerine direkt katkısının bir göstergesidir (Boonstra et al. 2007b). Böylece odun matrixinde ısıl işlem sıcaklığının artışıyla hemiselülozlar bozularak odun içindeki lignin miktarı artışı basınç direncinde artışa neden olabilir.

4.7. RENK DEĞİŞİMİ (L^* , A^* , B^* , ΔE^*_{AB})

Emprenyesiz ve borik asit ve boraks ile emprenye edildikten sonra 170-190 ve 210°C sıcaklıklarda 4 ve 8 saat süreyle ısıl işleme maruz bırakılan kayın odununun renk L^* , a^* , b^* , ΔE^*_{ab} değerleri Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Renk değişim değerleri.

Örnek Yöntü	Emprenye maddeleri	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Renk değişimi						ΔE^*_{ab}		
				L*	Standart sapma	a*	Standart sapma	b*	Standart sapma			
				Ortalama		Ortalama		Ortalama				
	Emprenyesiz	Kontrol		64.29	2.35	11.52	1.27	18.51	0.72	0		
		170	4	60.14	1.38	11.5	0.94	18.12	1.34	4.17		
			8	56.76	1.01	11.39	0.91	18.45	1.15	7.53		
		190	4	38.05	1.85	9.51	1.1	11.71	1.74	27.18		
			8	44.67	1.34	12.9	1.61	16.88	1.37	19.74		
		210	4	32.77	2.39	9.54	1.41	9.15	2	32.94		
			8	28.1	1.32	6.75	1.58	5.55	2.77	38.74		
		Teğet	Ba	170	4	60.18	1.23	11.65	0.56	17.41	1.94	4.26
					8	57.72	0.97	12.01	0.85	18.1	0.98	6.60
				190	4	56.46	7.94	11.98	1.46	17.91	2.48	7.87
8	50.05				2.24	11.78	0.67	18.42	0.8	14.24		
210	4			44.59	1.29	11.85	0.37	18.28	1.23	19.70		
	8			33.75	1.9	10.03	0.92	13.13	2.16	31.05		
Br	170		4	60.68	1.45	10.64	0.78	17.29	1	3.91		
			8	56.28	1.32	11.13	0.63	17.54	0.68	8.08		
	190		4	50.31	1.79	10.57	0.75	19.31	1.14	14.04		
			8	50.37	2.11	10.98	0.44	19.11	1.09	13.94		
	210		4	32.88	4.43	7.86	1.64	13.3	2.03	32.05		
			8	28.62	1.23	7.85	0.52	16.65	1.06	35.91		
Emprenyesiz	170	4	62.44	1.32	11.51	1.12	18.34	1.47	1.86			
		8	56.8	1.2	12.07	1.03	18.58	1.36	7.51			
	190	4	39.33	3.14	10.15	0.69	12.26	2.32	25.77			
		8	43.70	2.64	12.06	0.84	14.31	2.15	21.02			
	210	4	37.04	2.93	9.94	2.12	11.22	1.85	28.25			
		8	27.68	1.52	7.83	1.32	4.8	2.2	39.27			
	Radyal	Ba	170	4	61.98	1.16	11.11	0.31	18.01	0.71	2.40	
				8	55.31	12.76	11.82	0.98	17.98	0.88	9.00	
190			4	55.6	2.12	11.02	0.84	20.16	1.4	8.86		
			8	55.53	1.34	11.31	0.84	19.04	1.05	8.78		
210			4	47.57	1.81	11.15	0.65	18.67	0.75	16.72		
			8	33.32	2.23	9.39	1.79	11.7	2.72	31.78		
Br		170	4	59.88	2.66	10.34	0.54	17.72	0.79	4.63		
			8	58.55	1.46	10.77	0.65	18.12	0.96	5.80		
		190	4	45.47	0.96	9.92	0.34	18.73	1.24	18.89		
			8	50.65	1.85	10.64	0.58	19.64	0.95	13.71		
		210	4	35.41	2.56	8.95	0.82	14.63	1.62	29.25		
			8	33.7	3.2	9.31	0.95	13.96	2.34	31.01		

Isıl işlem görmüş deney örnekleri ile kontrol örnekleri karşılaştırıldığında, ısıl işlem görmüş deney örneklerinde, sıcaklığın artmasına paralel bir renk değişiminin (renk koyulaşmasının) meydana geldiği belirlenmiştir. Emprenyesiz 170°C 4 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde toplam renk değişimi 4,17 iken, 210°C 4 saat ısıl işlem tabi tutulmuş deney örneklerinde toplam renk değişimi 32,94 olarak belirlenmiştir. En fazla renk değişimi emprenyesiz 210°C’de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde görülmüş ve toplam renk değişimi 39,27 olarak belirlenmiştir. Isıl işlem esnasında meydana gelen renk değişimi incelendiğinde, emprenyesiz deney örnekleri ile boraks ve borikasit emprenye edilmiş deney örnekleri karşılaştırıldığında ise toplam renk değişiminin emprenyeli örneklerde daha az olduğu belirlenmiştir. Emprenyesiz 190°C’de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde toplam renk değişimi 19,74 iken borik asit ile emprenye edilmiş ve 190°C’de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde toplam renk değişimi 14,24 boraks ile emprenye edilmiş ve 190°C’de 8 saat ısıl işleme tabi tutulmuş deney örneklerinde toplam renk değişimi 13,94 olarak belirlenmiştir. Özellikle 190°C den sonra renk tonunda koyulaşma oranının hızla arttığı belirlenmiştir Çizelge 4.13.

Deney örneklerinde renk L* değerlerinde bir düşüş, renk a* ve renk b* değerlerinde ise artışlar meydana gelmiştir. En fazla toplam renk değişimi (ΔE^*_{ab}) emprenyesiz 210°C’de 8 saat ısıl işleme maruz bırakılan deney örneklerinde görülmüştür (Çizelge 4.13).

Çalışmada belirlenen sonuçlar literatüre uygunluk göstermiştir. (Bächle et. al. 2007; Johanson and Mor’en 2006; Özçifçi vd. 2009; Unsal vd, 2003; Kaygın vd, 2009; Bekhta and Niemz, 2003; Mitsui, 2006; Akyıldız vd, 2009). Unsal vd, (2003) ve Özçifçi vd. (2009) yaptıkları çalışmalarda odununun ısıl işlemi sonunda renk değişiminin yüksek sıcaklıklarda ve uzun muamele periyotlarında daha fazla koyu bir renk elde edildiğini belirtmişlerdir.

Genel olarak kontrol deney örneklerine göre sıcaklık derecesi arttıkça renk L* değerlerinde koyulaşmanın olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak yüksek sıcaklığın renk pigmentlerini olumsuz etkilediği söylenebilir. Renk a* ve renk b* değerlerinde literatüre uygun sonuçlar bulunmuştur.

Yapılan birçok çalışmada ısı işlem sonrası renk değişimi sonuçları L* değeri düşmüş a* ve b* değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. (Ishiguri et al. 2001; Minemura, 1983; Okuyama, 1990; Tjeda et al. 1997). Bu sonuçlarda bizim elde ettiğimiz verilerin doğruluğunu göstermiştir.

Emprenye maddesi, ısı işlem sıcaklığı ve süresi ayrıca bunların etkileşimlerinin renk L* üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.14’de verilmiştir. Buna göre emprenye maddesi, yön, emprenye, ısı işlem sıcaklığı ve süresinin renk L* üzerine $P \leq 0,05$ anlam düzeyinde etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Yön*emprenye ve yön*sürenin birlikteki etkileşimlerinin ise %95 güven aralığında önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Renk L* varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Yön	101,07	1,00	101,07	11,24	0,00
Emp	1799,53	2,00	899,77	100,08	0,00
Sıcaklık	35554,65	2,00	17777,33	1977,31	0,00
Süre	974,37	1,00	974,37	108,38	0,00
Yön * Emp	9,36	2,00	4,68	0,52	0,59
Yön * Sıcaklık	86,47	2,00	43,23	4,81	0,01
Emp * Sıcaklık	2049,81	4,00	512,45	57,00	0,00
Yön * Emp * Sıcaklık	148,82	4,00	37,21	4,14	0,00
Yön * Süre	0,02	1,00	0,02	0,00	0,96
Emp * Süre	562,29	2,00	281,14	31,27	0,00
Yön * Emp * Süre	168,01	2,00	84,01	9,34	0,00
Sıcaklık * Süre	1274,98	2,00	637,49	70,91	0,00
Yön * Sıcaklık * Süre	106,11	2,00	53,05	5,90	0,00
Emp * Sıcaklık * Süre	313,28	4,00	78,32	8,71	0,00
Yön * Emp * Sıcaklık * Süre	85,55	4,00	21,39	2,38	0,05
Hata	3398,47	378,00	8,99		
Toplam	1100123,60	420,00			

Varyans analizi sonucuna göre emprenye maddesi, deney materyali kesiş yönü, emprenye, ısıtma işlem sıcaklığı ve süresinin renk L* üzerine $P \leq 0,05$ anlam düzeyinde etkisinin önemli olduğu fakat yön*emprenye ve yön*sürenin birlikteki etkileşimlerinin ise %95 güven aralığında önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Deney koşullarının renk L* üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için duncan testi yapılmış ve Çizelge 4.15’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre ısıtma işlem sıcaklığı değerlendirildiğinde L* değerlerinde kontrole göre en fazla artışın 210°C’de ısıtma işlem görmüş örneklerde, en az artışın ise 170°C’de emprenye edilmemiş örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir. 8 saat ısıtma işlemine maruz kalan deney örneklerinde L* değerinin en fazla artışı gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Renk L* duncan sonuçları.

Deney Koşulları	Emprenye	Ortalama	HG*
Emprenye	Kontrol	46.93	A
	br	49,24	B
	ba	52.94	C
Süre	8	45,64	A
	4	48,93	B
	Kontrol	64,20	C
Sıcaklık	210	34,62	A
	190	48,35	B
	170	58,89	C
	Kontrol	64,20	D

* HG:Homojenlik grupları

Emprenye maddesi, ısıtma işlem sıcaklığı ve süresi ayrıca bunların etkileşimlerinin renk a* üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.16’da verilmiştir. Buna göre yön*sıcaklık*süre*emprenye etkileşimlerinin renk a* üzerine $P \leq 0,05$ anlam düzeyinde etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Renk a* varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Yön	2220,03	1,00	2220,03	0,67	0,42
Emp	4739,49	2,00	2369,74	0,71	0,49
Sıcaklık	9064,56	2,00	4532,28	1,36	0,26
Süre	3803,87	1,00	3803,87	1,14	0,29
Yön * Emp	4264,37	2,00	2132,19	0,64	0,53
Yön * Sıcaklık	7978,58	2,00	3989,29	1,20	0,30
Emp * Sıcaklık	15490,92	4,00	3872,73	1,16	0,33
Yön * Emp * Sıcaklık	15043,36	4,00	3760,84	1,13	0,34
Yön * Süre	3662,31	1,00	3662,31	1,10	0,30
Emp * Süre	7618,34	2,00	3809,17	1,14	0,32
Yön * Emp * Süre	7615,12	2,00	3807,56	1,14	0,32
Sıcaklık * Süre	8801,74	2,00	4400,87	1,32	0,27
Yön * Sıcaklık * Süre	7722,39	2,00	3861,20	1,16	0,32
Emp * Sıcaklık * Süre	16766,29	4,00	4191,57	1,26	0,29
Yön * Emp * Sıcaklık * Süre	15614,18	4,00	3903,54	1,17	0,32
Hata	1260444,13	378,00	3334,51		
Toplam	1473257,62	420,00			

Varyans analizi sonuçlarına göre çalışmada kullanılan hiçbir faktörün ne tek başına nede faktörlerin karşılıklı etkileşimleri renk-a değeri üzerine %95 önem düzeyinde anlamlı etki yapmadığı tespit edilmiştir.

Deney koşullarının renk a* üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için duncan testi yapılmış ve Çizelge 4.17’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre ısıl işlem sıcaklığı değerlendirildiğinde a* değerlerinde kontrole göre en fazla artışın 210°C’de ısıl işlem görmüş örneklerde en az artışın ise 170°C’de emprenye edilmemiş örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Renk a* duncan sonuçları.

Deney Koşulları	Emprenye	Ortalama	HG*
Emprenye	br	9,98	A
	ba	11,20	B
	Kontrol	18,90	C
Süre	4	10,51	A
	Kontrol	10,96	B
	8	17,01	C
Sıcaklık	210	9,20	A
	Kontrol	10,96	B
	170	11,33	C
	190	20,75	D

* HG:Homojenlik grupları

Çizelge 4.17. Emprenye maddesi, ısıl işlem sıcaklığı, süresi ve bunların etkileşimlerinin Renk b* üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları çizelge 4.11’de verilmiştir.

Emprenye maddesi, ısıl işlem sıcaklığı ve süresi ayrıca bunların etkileşimlerinin renk b* üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelgeye göre emprenye maddesi*ısıl işlem sıcaklığı*süre ve bunların etkileşimlerinin renk b* üzerine $P \leq 0,05$ anlam düzeyinde etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Renk b* varyans analizi sonuçları.

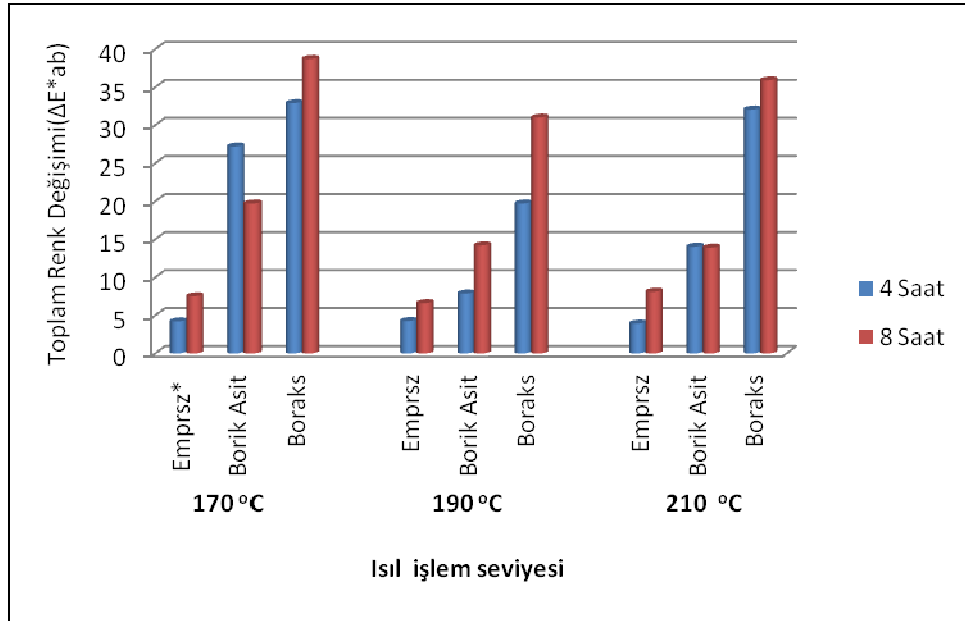
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi $P \leq 0,05$
Yön	380,60	1,00	380,60	165,37	0,00
Emp	2126,57	2,00	1063,29	462,01	0,00
Sıcaklık	89,57	2,00	44,79	19,46	0,00
Süre	438,44	1,00	438,44	190,51	0,00
Yön * emp	850,22	2,00	425,11	184,71	0,00
Yön * sıcaklık	1525,42	2,00	762,71	331,41	0,00
Emp * sıcaklık	4527,52	4,00	1131,88	491,81	0,00
Yön * emp * sıcaklık	2989,62	4,00	747,40	324,75	0,00
Yön * süre	1100,79	1,00	1100,79	478,30	0,00
Emp * süre	2120,76	2,00	1060,38	460,75	0,00
Yön * emp * süre	1263,13	2,00	631,56	274,42	0,00
Sıcaklık * süre	386,34	2,00	193,17	83,93	0,00
Yön * sıcaklık * süre	1777,31	2,00	888,66	386,13	0,00
Emp * sıcaklık * süre	4745,77	4,00	1186,44	515,52	0,00
Yön * emp * sıcaklık * süre	3218,83	4,00	804,71	349,65	0,00
Hata	869,95	378,00	2,30		
Toplam	157755,21	420,00			

Varyans analizi sonuçlarına göre emprenye maddesi, ısıtma sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve bunların etkileşimlerinin renk b* üzerine etkisinin %95 önem düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Deney koşullarının renk b* üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için duncan testi yapılmış ve Çizelge 4.19’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre değerlendirildiğinde b* değerlerinde en fazla artışın boraks ile muamele görmüş örneklerde olduğu belirlenmiştir. emprenye edilmemiş örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir.

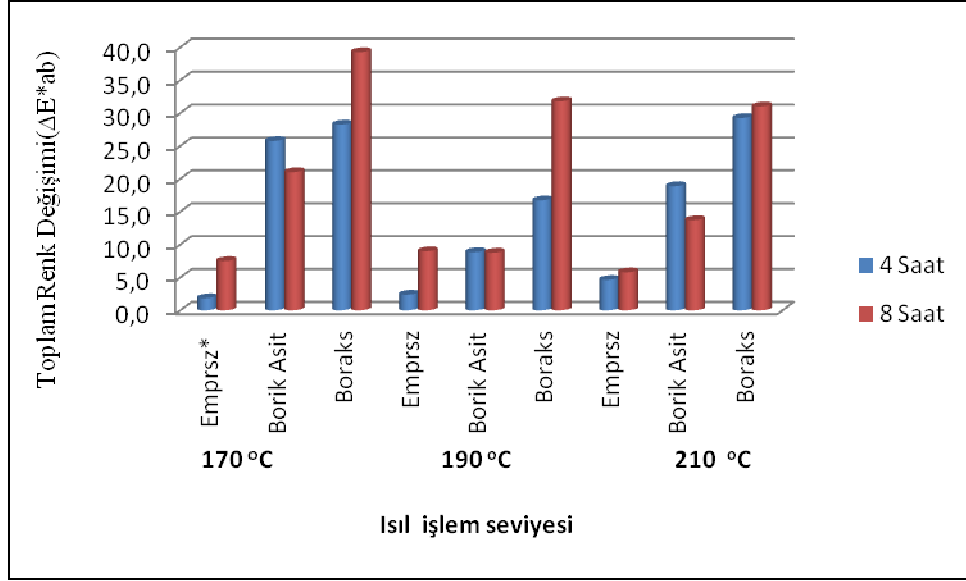
Çizelge 4.19. Renk b* duncan sonuçları.

Deney Koşulları	Emprenye	Ortalama	HG*
Emprenye	Kontrol	14,01	A
	ba	17,34	B
	br	20,75	C
Süre	4	16,23	A
	Kontrol	17,54	AB
	8	18,44	C
Sıcaklık	210	16,75	A
	190	17,29	B
	Kontrol	17,54	C
	170	17,97	D

* HG:Homojenlik grupları



Şekil 4.5. Teğet yönde renk değişim grafiği.



Şekil 4.6. Radyal yönde renk değişim grafiği.

Teğet ve radyal yönde en fazla renk değişimi boraks ile emprenye edilen ve 170°C 8 saat ısıtılma maruz kalan deney örneklerinde görülmüştür. Emprenyesiz deney örnekleri ile emprenyeli deney örnekleri kıyaslandığında ise emprenyeli deney örneklerindeki renk değişiminin daha fazla olduğu görülmektedir. (şekil 4.5. şekil 4.6.).

Boraks ile emprenye edilen deney örneklerindeki renk değişiminin borik asitle emprenye edilen deney örneklerindeki renk değişiminden daha fazla olduğu belirlenmiştir (şekil 4.5 şekil4.6).

Chow and Mukai (1972), ısıtılma nedeniyle meydana gelen renk değişimiyle kristallik derecesi polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında ilişki olduğunu belirtmektedir. Hillis (1975), odun ısıtılma sonrası renk değişiminin hemiselülozun hidrolizinden dolayı kaynaklandığını belirtmiştir. Yine yapılan bir çalışmada sarıçamın diri odunundaki sarımanın hemiselülozun parçalanması ve termal degradasyonla beraber meydana gelen düşük moleküllü şeker miktarının artmasıyla yükseldiğini belirlemiş ve böylece selülozun parçalanması veya termal degradasyonunun sarıçamın daha koyu renk değişimleriyle yakından ilgili olduğunu kanısına varmıştır (Terziev et al. 1993). Ayrıca, oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlar nem ortamında genellikle hidrolitik reaksiyonların baskın olduğu odunun ısıtılma

muamelesi boyunca kromofor oluşumuna sebebiyet verdiği ve odunda renk değişiminin sebebinin de bu gruplar olduğu belirlenmiştir (Fengel and Wegener, 1989).

Isı etkisi ile odunun rengi koyulaşmaktadır. Odun kahverengi bir renk tonu ve karakteristik bir koku kazanır. Renk değişmesi işlem türüne ve özellikle işlemde uygulanan sıcaklık ve işlem süresine bağlıdır. Elde edilen renk tonu ultraviyole ışınlarına karşı stabil değildir. Nispeten kısa bir süre açık hava ile temastan sonra yüzeyleri muamele görmemiş odun gibi grileşmektedir (Mayes and Oksanen 2002).

Isıl işlem öncesinde emprenye işlemine tabi tutulan örneklerde rengin ısıl işlem öncesi emprenye uygulanmamış olanlara oranla daha de koyulaştığı belirlenmiştir (Awoyemi ve jarvis 2008). Çalışmalarında boraksla ön işlemin ısıl işlem esnasında odunda meydana gelen asidite ve renk değişimleri üzerine etkisini incelemişler ve boraksla ön işlemin odunda asit oluşumunu azalttığını belirtmişleridir. Bununda hemiselülozların degradasyonunu önlediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarakta ısıl işlem sonrasında daha koyu bir renge ulaştığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmadaki sonuçlar bu yargıyı destekler niteliktedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada, boraks ve borik asit ile emprenye edildikten sonra ısıtılma tabi tutulmuş Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kayın odunu boraks ve borik asit ile emprenye edilerek (çözelti konsantrasyonu :%2,5çözelti) üç farklı sıcaklıkta (170-190 ve 210°C) ve iki farklı sürede (4-8 saat) ısıtılma tabi tutulmuştur. Tüm sıcaklıklar ve emprenye maddeleri oluşturulan kontrol örnekleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda;

Isıtılma sıcaklığı arttıkça meydana gelen ağırlık kaybının da arttığı belirlenmiştir. En az ağırlık kaybı 170°C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde görülürken en yüksek ağırlık kaybı ise 210°C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde belirlenmiştir.

Belirli bir sıcaklıktan sonra emprenyesiz deney örneklerindeki ağırlık kaybı oranlarının borik asit ve boraksla emprenye edilmiş olanlara göre daha yüksek olduğu ve sıcaklık arttıkça bu farkın daha da belirginleştiği gözlenmiştir.

Emprenye işleminin eğilme direncini azalttığı, ısıtılma sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direnci değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Emprenyesiz 170°C'de 8 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde eğilme direnci % 25,6 düşerken, borik asitle emprenye edilmiş 210°C'de 8 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde eğilme direncinde %50,8 düşüş belirlenmiştir.

Eğilme direncinde en iyi değerler boraks ile emprenye sonucu 170°C’de 4 saat muamele görmüş örneklerde tespit edilmiştir. En fazla düşüş %73 ile boraks ile emprenye edilmiş ve 210°C de 8 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde belirlenmiştir.

Isıl işlem görmemiş emprenyesiz örneklerin elastikiyet modülü değerlerinin, emprenyelilerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

190°C’ye kadar ısıtılma sıcaklığının elastikiyet modülünü arttırdığı, 210°C’de ise önemli bir düşüşün olduğu belirlenmiştir.

Boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş deney örneklerinin elastikiyet modülü değerleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Boraks ile ön ısıtılma tabi tutulduktan sonra ısıtılma maruz bırakılan örneklerin 190°C 8 saat süre için elastikiyet modülünde %29,1 artış gözlemlenmiştir.

Emprenye işleminin basınç direncini önemli oranda arttırdığı görülmektedir. Emprenyesiz 170°C’de 4 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde basınç direncinin %14,1 borik asit ile emprenye edilmiş deney örneklerinde % 18,8 boraks ile emprenye edilmiş deney örneklerinde ise %10,1 artış belirlenmiştir.

Borik asitle muamele edilmiş ve ısıtılma görmüş örneklerin boraks ile muamele edilmiş ve ısıtılma görmüş örneklere oranla basınç direncinde biraz daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Sıcaklığın artmasına paralel bir renk değişiminin (renk koyulaşmasının) meydana geldiği belirlenmiştir.

En fazla toplam renk değişimi emprenyesiz 210°C’de 8 saat ısıtılma tabi tutulmuş deney örneklerinde görülmüş ve toplam renk değişimi 39,27 olarak belirlenmiştir.

Teğet ve radyal yönde en fazla toplam renk değişimi boraks ile emprenye edilen ve 170°C 'de 8 saat ısıtılma maruz kalan deney örneklerinde görülmüştür.

Sıcaklık derecesi arttıkça renk L* değeri düşmüş a* ve b* değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.

Isıl işlem görmüş deney örneklerinde belirlenen toplam renk değişiminin, kontrol örneklerine göre koyulaştığı tespit edilmiştir. Bu koyulaşma odununun rengini daha homojen bir hale getirmiş ve kısmi renk farklılıklarının ortadan kalkmasını sağlamıştır.

5.2. ÖNERİLER

Isıl işlem görmüş ağaç malzemede ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Ağırlık kaybına paralel olarak yoğunluk artmaktadır. Bu nedenle, hafif malzeme kullanımı gerektiren dekorasyon işlerinde kullanılabilir. Bu nedenle hafif dekoratif malzeme elde etmekte kullanılması önerilebilir.

Isıl işlem sıcaklığı arttıkça odunun renginde de sıcaklıkla orantılı olarak bir renk koyulaşması belirlenmiştir. Bu koyulaşma odundaki renk farklılıklarını en aza indirmiş ve rengi homojen bir yapıya kavuşturmuştur. Dekorasyon işlerinde bu renk homojenliğinin estetik görüntüsünün uygulamada dikkate alınması önerilebilir.

Isıl işlem sıcaklığı arttıkça belirli bir sıcaklık derecesinden sonra ağaç malzemenin elastikiyet modülünde, statik eğilme ve basınç dirençlerinde düşme gözlemlenmektedir. Bu nedenle yüksek dayanım gerektiren ve belirli bir kuvvetin yüküne maruz kalacak yerlerde kullanılmaması önerilebilir.

Bundan sonraki yapılacak akademik çalışmalarda, emprenye çözelti % yüzde miktarının artırılması ve değişik kimyasal maddelerle emprenye işleminin yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akyıldız, H. M., Ateş, S., ve Özdemir, H., “Technological and chemical properties of heat-treated anatolian black pine wood”, *African Journal of Biotechnolgy*, 8 (11): 2565-2572 (2009).
- Asarcıklı, M., ve Keskin, H., “Ahşap süsleme teknikleri” Ders Kitabı, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 1-3 (2005).
- Awoyemi, L., “Determination of optimum borate concentration for alleviating strength loss during heat treatment”, *Wood Science Technol*, 42:39-45 (2008).
- Awoyemi, L., and Westermarck, U., “Effects of borate impregnation on the response of wood strength to heat treatment”, *Wood Science Technol*, 39:484–491 (2005).
- Awoyemi, L., Jarvis, M., C. and Hapca, A., “Changes in hygroscopic, mechanical and surface properties of scottish-grown sitka spruce (*Picea sitchensis*)” *Wood Subjected to Dry Heat Treatment. Paper Prepared for the 39th Annual Meeting*, İstanbul, 30-39 (2008).
- Aydemir, D., “Göknar ve gürgen odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak,7-8 (2007)
- Aytaşkın, A., “Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 6-7 (2009).
- Bachle, F., Niemz, P., and Schneider, T., “Physical-mechanical properties of hard- and softwood heat treated in an autoclave”, *Paper of the 3rd European Conference on Wood Modification*, Zürich, 177-182 (2007).
- Baysal, E., “Borlu bileşikler ve doğal sepi maddeleriyle emprenye edilen sarıçam odunun yanma özellikleri”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2): 59-69 (2003).
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M., “Borlu bileşikler ve su itici maddelerin cennet ağacı odununun fiziksel özellikleri üzerine etkileri”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1-2): 55-65 (2004).
- Beall, F. C., “Thermogravimetric analysis of wood lignin and hemicelluloses”, *Wood and Fiber*, 1(3):215–226 (1969).

- Bekhta, P., and Niemz, P., “Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood”, *Holzforschung*, 57 (5): 539-546 (2003).
- Bonstra, M. J., Tjeerdsma, B. F., and Groeneveld, H.A.C., “Thermal modification of nondurable wood species. 1. The PLATO technology; thermal modification of wood”, *International Research Group on Wood Preservation*, 98:40-123 (1998).
- Boonstra, M. J., Van Acker, J., Kegel, E. and Stevens, M., “Optimisation of the two stage heat treatment process durability aspects”, *Wood Science and Technology*, 41 (1): 31-57 (2007a).
- Boonstra, M. J., Van Acker, J., and Pizzi, A., “Anatomical and molecular reasons for property changes of wood after full-scale industrial heat treatment”, *Paper of the 3rd European Conference on Wood Modification*, Zürich, 343-358 (2007b).
- Bourgois, J., Bartholin, M. C., and Guyonnet, R., “Thermal treatment of wood: analysis of the obtained product”, *Wood Science and Technology*, 23(4):303–310 (1989).
- Bozkurt, A. Y., Erdin, N., “Ağaç Teknolojisi” Ders Kitabı, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, 1-6, 225-237, 334-342 (1997).
- Bozkurt, A. Y., Erdin, N., “Odun Anatomisi”, Ders Kitabı, *İstanbul Orman Fakültesi*, İstanbul, 268-287 (2000).
- Bozkurt, A. Y., Göker, Y., Erdin, N., “Emprenye Tekniği”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, 82-93 (1993).
- Chang, C. I., and Keith, C. T., “Properties of heat-darkened wood. II. Mechanical properties and gluability”, *FPL Report OPX214E*, Canada, 1-19 (1978).
- Chow, S. Z., and Mukai, H. N., “Effect of thermal degradation of cellulose on wood polymer bonding”, *Wood Science*, 4 (4): 202-208 (1972).
- Çolakoğlu, G., “Tabakalı ağaç malzeme”, Ders Notları, *KTÜ. Orman Fakültesi*, Trabzon, 29-30 (2001).
- Duman, N., Ökten, S., “Ahşap Yapı Dersleri 1”, *Yapı Endüstri Merkezi Yayın Bölümü*, İstanbul, 1-3 (1988).
- Erdin, N., “Ağaç malzeme kullanımı ve çevreye etkisi”, *İnterteks İnşaat 2003 Fuarı, Ahşap Seminerleri*, İstanbul, (2003).
- Erten, P., “Ahşap malzemenin korunmasında yararlanılan başlıca teknikler”, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, Ankara, 338 (1): 127-130 (1988).
- Esteves, B. M., Velez, M. A., Domingos, I., and Pereira, H., “Pine wood modification by heat treatment in air”, *BioResources*, 3(1): 142-154 (2007a).

Esteves, B. M., Velez, M. A., Domingos, I., and Pereira, H., "Influence of steam heating on the properties of pine and eucalypt wood", *Wood Science Technology*, 41 (3): 193-207 (2007b).

Feist, W. C., and Sell, J., "Weathering behavior of dimensionally stabilized wood treated by heating under pressure of nitrogen gas", *Wood and Fiber Science*, 19 (2): 183-195 (1987).

Feist, W. C., Hajny, G. J., and Springer, E. L., "Effect of storing green wood chips at elevated temperatures", *Tappi*, 56(8):91-95 (1973).

Fengel, D., and Wegener, G., "Wood chemistry, ultrastructure, reactions", *Walter De Gruyter*, 33 (9): 333-335 (1989).

Fengel, D., "On the Changes of the wood and its components within the temperature range up to 200 °C-Part III: thermally and mechanically caused structural changes in sprucewood", *Holz Roh-und Werkstoff*, 24 (11): 529-536 (1966).

Findlay, W. P. K., "Preservation of Timber In The Tropics", *Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers*, Dordrecht, Netherlands, 3-5 (1985).

Fung, D. P. C., Stevenson, J. A., and Shields, J. K., "The effect of heat and on the dimensional and anatomical properties of Douglas-fir", *Wood Science*, 7 (1): 13-20 (1974).

Garrote, G., Domínguez, H., and Parajó, J. C., "Hydrothermal processing of lignocellulosic materials", *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57(3):191-202 (1999).

Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M. K., Yıldız, Ü. C., Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H., "Türkiye bor kaynaklarının odun koruma (emprenye) endüstrisinde değerlendirilme imkanları", *TÜBİTAK Projesi*, TOAG-875 No'lu Proje, 377 (1994).

Haw, J. F., and Schultz, T. P., "Carbon-13 CP/MAS NMR and FT-IR study of lowtemperature lignin pyrolysis", *Holzforschung*, 39(5):289-296 (1985).

Hillis, W. E., and Rozsa, A. N., "The softening temperatures of wood", *Holzforschung*, 32 (2): 68-73 (1978).

Hillis, W. E., "The role of wood characteristics in high temperature drying", *Journal Industrial Wood Science*, 7 (2): 60-67 (1975).

Ishiguri, F., Kuroiwa, T., Tamegai, J., Maruyama, S., Andoh, M., Yokota, S., Yoshizawa, N., "Changes of wood quality in sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and karamatsu (*Larix kaempferi* Carriere) woods by smoke heating. Effects of treatment temperature and time (in Japanese)", *J Soc Mater Sci Jpn* 50: 1357- 1363 (2001).

İnternet: Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, "Bor elementi hakkında genel bilgiler" <http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=24> (2011).

İnternet: Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, “Bor elementi” http://www.etimaden.gov.tr/tr/0_sayfa_ortakSayfa.asp?hangisayfa=4 (2010).

İnternet: Portail du bois lamalle, <http://www.glulam.org>. (2010).

İnternet: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, “Ağaç malzeme bilgi sistemi” <http://www.orman.istanbul.edu.tr/node/9611> (2010).

İnternet: Orman Genel Müdürlüğü, “Ormanlarımızda yayılış gösteren asli ağaç türleri” http://web.ogm.gov.tr/Resimler/sanalkutuphane/agac_turleri.pdf (2010).

Johansson, D., “Drying and Heat Treatment of Wood: Influences on internal checking”, *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden, 4-7 (2005).

Johansson, D., and Mor'en, T., “The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, (64): 104–110 (2006).

Kalaycıoğlu, H., “Ahşap zemin döşemeleri montaj ve bakımı”, *Parke Dekorasyon Dergisi* (12): 94-100 (2003).

Kandem, D. P., Pizzi, A., Jermannaud, A., “Durability of heat-treated wood”, *Holz als Roh-und Werkstoff*. 60, 1-6, (2002)

Karakaş, M., “Ahşap malzemenin korunması”, *Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları*, Ankara, 34 (1988).

Karayazıcı, I., Nal, N., Celayir, F., “Bor ve Bor Bileşikleri”, *Türkiye Smaı Kalkınma Bankası A.Ş. Kimya Sektör Araştırma Müdürlüğü*, İstanbul, 193 (1980).

Kartal, S. N., “Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: boron release and decay and termite resistance”, *Holzforschung*, 60, 455–458 (2006).

Kaygin, B., Gokhan, G., and Aydemir, D., “Some physical properties of heat-treated paulownia wood”, *Drying Tecology*, 27 (1): 89-93 (2009).

Kim, D. Y., Nishiyama, Y., Wada, M., Kuga, S., and Okano, T., “Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood”, *Holzforschung*, 55(5): 521–524 (2001).

Korkut, S. and Bektaş, G., “The effects of heat treatment on physical properties of uludag fir and scots pine (*pinus sylvestris* l.) wood”, *Forest Products Journal*, 58 (3): 95-99 (2008).

Korkut, S., “The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir wood”, *Build Environment*, 43 (4): 422-428 (2008).

Korkut, S., Kk, M.S., Sevim K., D., and Gurkeyen, T., “The effects of heat treatment on technological properties in red-bud maple wood”, *BioResource Technology*, 99 (6): 1538-1543 (2008).

Kurtoğlu, A., “Kimyasal Odun Koruma Maddelerinin evre Sağlığına Etkileri”, Ahşap Malzemenin Korunması, *MPM Yayınları*, 338, Ankara, 196-214 (1988).

Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S.D., “Mobilya ve ağaç işlerinde kullanılan ahşap malzemeler”, *Mobilya Sektrnde Ağaç Malzeme Seimi ve Kullanımı Semineri*, İzmir, 85-97 (2007).

L., Awoyemi, U., Westermark, “Effect of borate impregnation on the response of wood strength to heat treatment” *Wood Science Technol*, 39:484-491 (2005).

Levan, S. L., Winandy, J. E., “Effects of fire retardant treatments on wood strength”, *Wood and Fire Science*, 113-131 (1990).

Mayes, D., and Oksanen, O., “Finnish ThermoWood Association”, *ThermoWood Handbook*, Helsinki, Finland, 684-689 (2003).

McDonald, A. G., Dare, P. H., Gifford, J. S., Steward, D., and Riley, S., “Assessments of air emissions from industrial kiln drying of Pinus radiata wood”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, (60): 181-190 (2002).

Militz, H., “Heat treatment technologies in europe: scientific background and technological state-of-art, in: proceedings of conference on enhancing the durability of lumber and engineered wood products”, *Forest Products Society*, Madison, US., 121-133 (2002)

Militz, H., “Thermal treatment of wood: European processes and their background”, *International Research Group on Wood Preservation*, Cardiff-Wales, 1-17 (2002).

Millett, M. A., and Gerhards, G. C., “Accelerated aging: residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115 °C to 175 °C”, *Wood Science*, 4(4): 193–201 (1972).

Minemura, N., “16. Henshoku no boushi. In: Imamura H, Okamoto H, Goto T, Yashue M, Yokota T, Yoshimoto T (Eds) Mokuzai riyou no kagaku”, *KyoritsuShutupan*, Tokyo, 215–227 (1983).

Mitsui, K., “Changes in color of spruce by repetitive treatment of light-irradiation and heat treatment”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64 (3): 243-244 (2006).

Okuyama, T., Yamamoto, H., and Kobayashi, I., “Quality improvement in small log of sugi by direct heating method” *Wood Ind*, 45 (2): 63–67 (1990).

rs, Y., Keskin H., “Ağaç Malzeme Bilgisi” Ders Kitabı, *Atlas Yayınları*, İstanbul, 52-102, 157-162 (2001).

Özçifçi, A., Altun, S. ve Yapıcı, F., “Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Karabük, Türkiye 13-15 Mayıs (2009).

Palmero, V., Galyon, S., “Coating Performance Over Borate-Treated Wood”, **First International Conference on Wood protection With Diffusible Preservatives**, Nashville, Tennessee, 110–111 (1990).

Peker, H., Tan, H., Baysal, E., “Bazı emprenye maddelerinin ladin odununun yanma özelliklerine etkisi”, **F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 16 (1): 163-175 (2004).

Rapp, A. O., (Ed.), “Review of heat treatment of wood”, **Proceedings of COST E22 Environmental optimisation of wood protection**, Antibes, France, 6 (2001).

Richardson, B., “Wood Preservation ,The Construtcion Pres”, **Ltd., Langaster**, England, 238 (1987).

Rusche, H., “Thermal degradation of wood at temperatures up to 200 °C. part II. reaction kinetics of loss of mass during heat treatment of wood”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 31 (8): 307-312 (1973).

Sanderman, W., and Augustin, H., “Chemical investigations on the thermal decomposition of wood-part III: chemical investigation on the course of decomposition”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 22 (10): 377-386 (1964).

Schneider, A., “Investigations on the convection drying of lumber at extremely high temperatures”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 31 (1): 198-206 (1973).

Seborg, R. M., Tarkow, H., and Stamm, A. J., “Effect of heat upon the dimensional stabilization of wood”, **Journal of the Forest Products Research Society**, 3 (3): 59-67 (1953).

Sefil, Y., “Thermo Wood yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri”, Yüksek lisans tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 6-7 (2010).

Shi, J. L., Kocaefe, D., and Zhang, J., “Mechanical behaviour of québec wood species heat-treated using thermowood process”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 65 (4): 255-259 (2007).

Stamm, A. J., “Thermal degradation of wood and cellulose”, **Industrial and Engineering Chemistry**, 48 (3): 413-417 (1956).

Stamm, A. J., “Thermal properties. In: Wood and Cellulose Science”, **Ronald Press Company**, New York, 283-293 (1964).

Sundqvist, B., “Colour Changes and Acid Formation in Wood During Heating”, Doctoral Thesis, Vol. 10, pp. 61, Skellefteå Campus, *Division of Wood Material Science*, Sweden (2004).

Sweet, M. S., and Winandy, J.E., “The influence of degree of polymerisation of cellulose and hemicellulose on the strength loss of fire-retardant-treated wood”, *Holzforschung*, 53 (3): 311-317 (1999).

Şahin, K. H., ve Sefil, Y., “The Thermal Conductivity of Fir and Beech Wood Heat Treated at 170, 180, 190, 200, and 212 oC”, *Journal of Applied Polymer Science*, 121 : 2473–2480 (2011).

Şahin, K. H., “Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing”, *Journal of Environmental Biology*, 31: 1007-1011 (2010).

Şahin, K. H., “Thermal and dielectric properties of pine wood in the transverse direction”, *BioResources*, 4 (4): 1663-1669 (2009).

Şenay, A., “Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 105-112 (1996).

Şimşek, H., “Ülkemiz için yeni bazı borlu bileşiklerin ağaç malzemenin yoğunluk, mekanik özellikler, biyolojik direnç ve üst yüzey özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemiştir”. Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, 6 (2009).

Tejada, A., Okuyama, T., Yamamoto, H., Yoshida, M., “Reduction of growth stress in logs by direct heat treatment, assessment of a commercial-scale operation”, *Forest Prod J.*, 47(9): 86–93 (1997).

Terziev, N., Boutelje, J. and Söderström, O., “The influence of drying schedules on the redistribution of low molecular weight sugars in”, *Holzforschung*, 47 (1): 3-8 (1993).

Toker, H., “Borlu bileşiklerin ağaç malzemenin bazı fiziksel mekanik ve biyolojik özelliklerine etkilerinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 73-88 (2007).

Tümsek, M., “Emprenye maddeleri ile İlgili Standart Test Metotları ve Türkiye’de Emprenye Maddeleri Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 166 (1987).

Unsal, O., Ayrilmis, N., “Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood”, *Journal of Wood Science*, 51:405–409 (2005).

Uysal, B., “Ağaç Malzeme”, Ders Notları, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi*, Karabük, 3-4 (2005).

Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 76-79 (1997).

Ünsal, O., Korkut, S. and Atik, C., “The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus”, *Wood. Maderas. Cienciay Tecnologia*, 52 (2): 145-152 (2003).

Viitanen, H., Jamsa, S., Paajanen, L., Nurmi, A. and Viitaniemi, P., “The effect of heat treatment on the properties of spruce”, *IRG/WP 94-40032 Annual*, Indonesia, 3-4 (1994).

Viitaniemi, P., “New properties for thermally-treated wood”, *Indust Horizons*, March, 9, (2000).

Viitaniemi, P., “ThermoWood – Modified wood for improved performance”, *Proceedings of Wood the Ecological Material the 4th Euro-Wood Symposium*, Stockholm, Sweden, 9709084:67–69 (1997).

Winandy J. E., “Effects of fire retardant retention, borate buffers, and redrying temperature after treatment on thermal-induced degradation”, *For Prod Jurnal*, 47:79-86 (1997).

Winandy, J. E., and Lebow, P. K., “Modelling strength loss in wood by chemical composition. part I. An individual component model for southern pine”, *Wood and Fiber Science*, 33 (2): 39-254 (2001).

Winandy, J. E., and Morrell, J. J., “Relationship between incipient decay, strength and chemical composition of douglas-fir heartwood”, *Wood and Fiber Science*, 25 (3): 278-288 (1993).

Winandy, J. E., and Rowell, R. M., “The chemistry of wood strength. In: The chemistry of solid wood”, *ACS Sym Series 208*, Washington DC, 211-255 (1984).

Yalınkılıç, M. K., Demirci, Z., Baysal, E., “Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) Odunun Yanma Özellikleri Üzerine etkileri”, *Pamukkale Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4 (1-2): 613-624 (1996).

Yıldız, S., and Gümüşkaya, E., “The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood”, *Building and Environment*, 42 (1): 62-67 (2007).

Yıldız, S., “Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri”, Doktora Tezi, *KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 240-249 (2002).

Yıldız, S., “Effect of heat treatment on water repellence and anti-swelling efficiency of beech”, *The International Research Group On Wood Preservation*, 02: 40222 (2002).

Yıldız, S., Gezer, E.G., and Yıldız, Ü.C., “Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat”, *Building and Environment*, 41 (12): 1762-1766 (2006).

Yıldız, S., “Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating”, Ph.D. dissertation, *Karadeniz Technical University*, Trabzon (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Okan ÇITAK 1973'de Ankara'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1991 yılında İ.T.Ü S.M.F. Düzce M.Y.O Orman Ürünleri Programından 1993 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 1997 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra Milli Eğitim Bakanlığın'da Öğretmen olarak 9 yıl çalıştı. Vatani görevini Malatya Doğanşehirede Yedeksubay öğretmen olarak yaptı. 2006 yılından itibaren Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon programı da öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. 2009 yılında başlamış olduğu yüksek lisans eğitimini Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında tamamladı. Yabancı dili İngilizcedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Tokat Meslek Yüksekokulu
Taşlıçiftlik Yerleşkesi/ TOKAT

Tel : (536) 212 89 24

E-posta : okan.citak@gop.edu.tr