

**ISIL İŞLEM KOŞULLARININ AĞAÇ
MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
MODELLENMESİ**

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

Dündar ULUCAN

**ISIL İŞLEM KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ**

Dündar ULUCAN

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

KARABÜK

Haziran 2012

Dündar ULUCAN tarafından hazırlanan “ISIL İŞLEM KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI

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. 21/06/2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ (KBÜ)

.....


Üye : Doç. Dr. Nurgül TANKUT (BÜ)

.....


Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI (KBÜ)

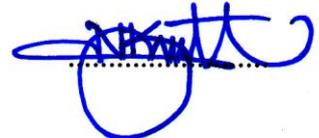
.....


.../.../2012

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

Prof. 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.”



Dündar ULUCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISIL İŞLEM KOŞULLARININ AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ

Dündar ULUCAN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI

Haziran 2012, 108 sayfa

Bu çalışmada, ısıtma işlemi uygulanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu iki ağaç türü altı farklı sıcaklıkta (130, 145, 160, 175, 190 ve 205 °C) ve dört farklı zaman da (3, 6, 9 ve 12 saat) ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Isıtma işlemine tabi tutulan test örneklerinde fiziksel özelliklerden; denge rutubet miktarı, ağırlık değişimi, renk ve toplam renk değişimi, mekanik özelliklerden ise, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerleri belirlenmiştir.

Deneyler sonucunda ısıtma işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak denge rutubet miktarında en fazla azalma sarıçam örneklerinde % 49, kestane örneklerinde ise %51 oranında azaldığı belirlenmiştir. Isıtma işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte ağırlık kaybının arttığı gözlemlenmiştir. En fazla ağırlık kaybının %12,38 ile kestane odunundan hazırlanan örneklerde olduğu belirlenmiştir. Isıtma işlem süresi ve sıcaklığının artması ile eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde

azalma tespit edilmiş, ancak, liflere paralel basınç direnci bir miktar arttığı belirlenmiştir.

Isıl işlem koşulları ve deneylerden elde edilen mekanik özelliklere veriler kullanılarak yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin istenilen değerleri ortalama olarak % 88,3 gibi doğrulukta tahmin edebildiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Isıl işlem, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, yapay sinir ağı, modelleme.

Bilim Kodu : 711.3.023

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE MODELLING OF THE EFFECTS OF HEAT TREATMENT CONDITIONS ON SOME PROPERTIES OF WOOD BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Dündar ULUCAN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Furniture and Decoration Education

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Fatih YAPICI

June, 2012, 108 pages

In this study, some the physical and mechanical properties of scotch pine and chestnut woods species heat treated by using Thermowood process were investigated. Test samples prepared these two wood species were exposed to heat-treated at six different temperatures (130, 145, 160, 175, 190 and 205°C) and at four different time (3, 6, 9 and 12 hours). Equilibrium moisture content (EMC), mass loss, and total colour changes, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity in bending (MOE), compression strength parallel to the grain (CS) were determined.

As a result of experiments depending on the temperature and time of heat treatment on equilibrium moisture content were determined to decrease the most reduction ratio in chestnut samples 51 percent in pine samples 49 percent. It was shown that increased of weight reduction to increasing temperature of heat treatment was

observed. The most weight reduction was determined from chestnut wood samples at 12,38%. It was shown that when the increase of time and temperature of heat treatment, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity in bending (MOE) were decreased. However, the value of compression strength parallel to the grain was increased by increasing heat treatment conditions.

It was displayed that artificial neural network model made to use experimental data to prediction of the value of some mechanical properties of test samples was run very well. It was seen that the ratio of average current of developing model could have calculated at % 88,3.

Key Words : Heat treatment, physical properties, mechanical properties, artificial neural network, modelling.

Science Code : 711.3.023

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bilimsel düşünceleri ile beni aydınlatan tavsiyelerini aldığım hocalarım sayın Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ, Doç. Dr. Şeref KURT, Doç. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL, Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN, Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN, Yrd. Doç. Dr. Günay ÖZBAY, Arş. Gör. Raşit ESEN, Arş. Gör. Erkan LİKOS'a teşekkür ederim.

Tez savunmamda bulunan Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Nurgül TANKUT'a teşekkür ederim.

Labaruar çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen İzham KILINÇ'a, ve emeği geçen diğer arkadaşlara, Yenice orman işletme müdürlüğü personellerine teşekkür ederim.

Manevi desteğini esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük katkısı olan babam Abdurrahman ULUCAN, annem Müjgan ULUCAN'a ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı ülkemizin bölünmez bütünlüğü için hayatımı feda eden şehit ve gazilerimize armağan ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
2.1. ISIL İŞLEM	3
2.2. ISIL İŞLEMİN AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	3
2.3. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE ODUNDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL DEĞİŞİMLER.....	4
2.3.1. Ağırlık Kaybı ve Yoğunluk Değişimi.....	4
2.3.2. Boyutsal Kararlılıktaki Değişim.....	4
2.3.3. Yapışma Özelliklerindeki Değişim	5
2.3.4. Renk Değişimi.....	6
2.3.5. Koku Değişimi	6
2.3.6. Denge Rutubet Miktarı Değişimi (DRM).....	7
2.3.7. Isı İletkenliği Değişimi	7
2.3.8. Çatlaklar.....	7
2.4. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN MEKANİK DEĞİŞİMLER.....	7

2.4.1. Eğilme Direncindeki Değişim.....	8
2.4.2. Elastikiyet Modülü Değişimi	8
2.4.3. Basınç Direnci Değişimi	9
2.4.4. Makaslama Direnci Değişimi.....	9
2.4.5. Çekme Direnci Değişimi	9
2.4.6. Şok Direnci Değişimi	10
2.5. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER.....	10
2.5.1. Hemiselülozda Meydana Gelen Değişim	10
2.5.2. Selülozda Meydana Gelen Değişim	12
2.5.3. Ligninde Meydana Gelen Değişim.....	14
2.5.4. Ekstraktiflerdeki Değişim	15
2.5.5. Asit Oluşumu	16
2.6. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN BİYOLOJİK DEĞİŞİMLER.....	17
2.6.1. Böcek Saldırıları	17
2.7. YAPAY SİNİR AĞLARI	18
2.8. ULUSAL VE ULUSLAR ARASI YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	19
2.8.1. Isıl İşlem İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	19
2.8.2. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	32
BÖLÜM 3	35
MATERYAL VE METOD	35
3.1. MATERYAL.....	35
3.1.1. Sarı Çam (<i>Pinus sylvestris L.</i>) Hakkında Genel Bilgiler	35
3.1.1.1. Türkiye'deki Yayılışı.....	35
3.1.1.2. Morfolojik Özellikleri.....	35
3.1.1.3. Anatomik Özellikler	36
3.1.1.4. Kimyasal Özellikler	36
3.1.2. Anadolu kestanesi (<i>Castanea sativa Mill.</i>) Hakkında Genel Bilgiler	37
3.1.2.1. Türkiye'deki Yayılışı.....	37
3.1.2.2. Morfolojik Özellikler.....	37
3.1.2.3. Anatomik Özellikler	38

3.1.2.4. Kimyasal Özellikler	39
3.2. METOD	39
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Isıl İşlem Uygulanması	39
3.2.2. Deneysel Çalışmalar	41
3.2.2.1. Denge Rutubet Miktarı (DRM)	41
3.2.2.2. Ağırlık Kaybı	42
3.2.2.3. Renk Değişimi	42
3.2.2.4. Eğilme Direnci	44
3.2.2.5. Eğilmede Elastikiyet Modülü	44
3.2.2.6. Liflere Paralel Basınç Direnci	45
3.2.3. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	47
3.2.4. Yapay Sinir Ağlarının Modellenmesi	47
BÖLÜM 4	49
BULGULAR VE TARTIŞMA	49
4.1. DENGELİ RUTUBET MİKTARI	49
4.2. AĞIRLIK KAYBI	53
4.3. RENK DEĞİŞİMİ	57
4.4. EĞİLME DİRENCİ	74
4.5. EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ	79
4.6. LİFLERE PARALEL BASINÇ DİRENCİ	84
4.7. YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMINA AİT BULGULAR	88
BÖLÜM 5	93
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Hemiselülozun olası degradasyon oluşumu	12
Şekil 2.2. Selülozun yapısı	14
Şekil 2.3. Nemli şartlar altında ısıtma işlemi muamelesi ve kurumadan dolayısı odun bileşiklerindeki genel değişim	16
Şekil 2.4. Isıtma işlemi görmüş aşşap materyalin reaksiyon mekanizması	18
Şekil 3.1. Test örneklerinin elde edildiği taslakların tomruktan alınışı	39
Şekil 3.2. Etüv	40
Şekil 3.3. İklimlendirme dolabı	41
Şekil 3.4. Üç boyutlu CIE L*a*b* renk bölgeleri	43
Şekil 3.5. Üniversal test cihazında eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi	45
Şekil 3.6. Liflere paralel basınç direnci deneyi	46
Şekil 3.7. Liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü için tahmin modeli olarak seçilen YSA mimarisi	48
Şekil 4.1. Sarıçam odununa ait DRM'ndeki değişim	51
Şekil 4.2. Kestane odununa ait DRM'ndeki değişim	52
Şekil 4.3. Sarıçam odununa ait ağırlık değişimi	55
Şekil 4.4. Kestane odununa ait ağırlık değişimi	56
Şekil 4.5. Sarıçam odununun teğet yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi	65
Şekil 4.6. Sarıçam odununun radyal yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi	66
Şekil 4.7. Kestane odununun teğet kesitindeki renk (L, a, b) değerleri değişimi	66
Şekil 4.8. Kestane odununun radyal yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi	67
Şekil 4.9. Sarıçam odununun teğet yöndeki toplam renk değişimi	71
Şekil 4.10. Kestane odununun teğet yöndeki toplam renk değişimi	72
Şekil 4.11. Sarıçam odununun radyal yöndeki toplam renk değişimi	72
Şekil 4.12. Kestane odununun radyal yöndeki toplam renk değişimi	73
Şekil 4.13. Sarıçam odununa ait eğilme direnci değişimi	76
Şekil 4.14. Kestane odununa ait eğilme direnci değişimi	77
Şekil 4.15. Sarıçam odunununa ait elastikiyet modülü değişimi	81

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.16. Kestane odunununa ait elastikiyet modülü değişimi.....	82
Şekil 4.17. Sarıçam odununundan elde edilen örneklerin liflere paralel basınç direnci değişimi.....	86
Şekil 4.18. Kestane odunundan elde edilen örneklerin liflere paralel basınç direnci değişimi.....	87
Şekil 4.19. Yapay sinir ağlarının iterasyona bağlı hata değişim grafiği	88
Şekil 4.20. Yapay sinir ağlarının regrasyon değeri.....	89
Şekil 4.21. Liflere paralel basınç eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait gerçek değerler ile YSA değerleri arasındaki ilişkisi	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Denge rutubet miktarı (%)	49
Çizelge 4.2. Denge rutubet miktarına ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4.3. Denge rutubet miktarına ait Duncan testi sonuçları	51
Çizelge 4.4. Ağırlık kaybı (%).....	53
Çizelge 4.5. Ağırlık kaybına ait çoklu varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.6. Ağırlık kayıplarına ait Duncan testi sonuçları	55
Çizelge 4.7. Sarıçam odununun teğet yöndeki renk değerleri (L, a, b)	57
Çizelge 4.8. Sarıçam odununun radyal yöndeki renk değerleri (L,a, b)	58
Çizelge 4.9. Kestane odununun teğet yöndeki renk değerleri (L, a, b).....	59
Çizelge 4.10. Kestane odununun radyal yöndeki renk değişimi (L,a, b)	60
Çizelge 4.11. Renk L* değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	61
Çizelge 4.12. Renk L* değerine ait Duncan testi sonuçları	62
Çizelge 4.13. Renk a*'nın çoklu varyans analizi sonuçları	62
Çizelge 4.14. Renk a* değerine ait Duncan testi sonuçları.....	63
Çizelge 4.15. Renk b*değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları	64
Çizelge 4.16. Renk b* değerine ait Duncan testi sonuçları.....	65
Çizelge 4.17. Sarıçam ve kestane odunlarının teğet yönde toplam renk değişimi	68
Çizelge 4.18. Sarıçam ve kestane odunlarının radyal yönde toplam renk değişimi ...	69
Çizelge 4.19. Toplam renk değişimi (ΔE^*ab) çoklu varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.20. Toplam renk değişimi (ΔE^*ab) Duncan testi sonuçları.....	71
Çizelge 4.21. Eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	74
Çizelge 4.22. Eğilme direncine ait çoklu varyans analiz sonuçları	75
Çizelge 4.23. Eğilme direncine ait Duncan testi sonuçları	76
Çizelge 4.24. Eğilmede elastikiyet modülü (EMO) değerleri (N/mm^2)	79
Çizelge 4.25. Eğilmede elastikiyet modülüne ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	80
Çizelge 4.26. Elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları	81
Çizelge 4.27. Liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm^2)	84

Sayfa

Çizelge 4.28. Liflere paralel basınç direnci ait çoklu varyans analizi sonuçları	85
Çizelge 4.29. Liflere paralel basınç direnci ait Duncan testi sonuçları	86
Çizelge 4.30. Eğilme direncine ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları.....	90
Çizelge 4.31. Eğilmede elastikiyet modülüne ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları	91
Çizelge 4.32. Liflere paralel basınç direnci ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C	: Karbon
F	: Kuvvet
A	: Alan
L	: Levoglukoza
β	: Beta
α	: Alfa

KISALTMALAR

VTT	: Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
ASTM	: American Society for Testing and Materials
DRM	: Denge Rutubet Miktarı
ASE	: Su itici Etkinlik değeri
t	: teğet yön
r	: radyal yön
L*	: Işık açısı
a*	: kırmızı koordinat
b*	: sarı koordinat
ΔE^*_{ab}	: Isıl işlem sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk değişimi
ΔL	: Siyah-beyaz renk değişimi
Δa	: Kırmızı-yeşil renk değişimi
Δb	: Sarı-mavi renk değişimi
TS	: Türk Standardı
ISO	: International Organization for Standardization
YSA	: Yapay sinir ağı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sanayinin pek çok alanında, kullanımının kolaylığı ve sahip olduğu olumlu özelliklerinden dolayı odun, geçmişten günümüze özelliklerinin daha da iyileştirilmesi için çalışmalar sürmektedir. Bu çalışmalar sırasında odunun olumsuz özelliklerini azaltmak veya hepsini ortadan kaldırmak amaçlanmıştır. Bundan dolayı geliştirilen yöntemlerden biriside odunu yüksek sıcaklıklara tabi tutulması olarak adlandırılan ısı işlem yöntemidir. Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal yapısında kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Bu teknigin temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı hemen hemen 150 °C' nin üstündeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını artırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile yükselen potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik direnç, alçak denge rutubeti içeriği, daralma ve genişlemedeki düşüşe bağlı olarak artan boyutsal stabilite, yükselen termal yalıtım yeteneği, boya adhezyonu, dış hava ortamında dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinin artmasıdır. Aynı zamanda daha düşük kaliteli ağaç çeşitlerine yeni pazar imkânı sunarak bunların daha kaliteli çeşitlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını destek olmaktadır. Isıl işlem uygulaması ayrı olarak kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılık yükselme, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde uzama, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişmeler insan ve çevre sağlığına zararlı olan kimyasallar eklenmeksizin elde edildiğinden ısı işlem uygulaması empenyeye ekolojik bir başka yol olarak düşünülmektedir. Isıl işlem görmüş ahşabın binaların dışı cephe kaplaması, iç mekân kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna elemanları, iç mekân mobilyaları yapımında kullanılmaktadır. Isıl işlem

uygulanmış kereste yapı sanayisinde kullanım için büyük bir potansiyeldir. Yüksek biyolojik tehlike koşulları altında önemli faktörler olan ahşabın dayanımı ve boyutsal kararlılığı ısıtma işlem uygulaması ile iyileşmesi oldukça önemlidir ve mekanik özellikler üzerinde de etkilidir. Yapılarda meydana gelen tipik kuvvetler ve uygulaması, ısıtma işlem görmüş odunun kırılma davranışı ve tipik mukavemet özelliklerinin (çekme ve şok direnci) hesaba katılmasında önemle düşünülmelidir. Diğer yandan basınç direnci, sertlik ve rijitlik gibi mukavemet özelliklerinin iyileşmesi birtakım kullanım yerleri için ısıtma işlem görmüş ahşabın yararlanılmasını desteklemektedir (Mayes and Oksanen, 2002; Çalıova, 2011).

Bu çalışmanın amacı ülkemizde doğal yetişmekte olan Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa Mill.*) odunlarından hazırlanan test örnekleri altı farklı sıcaklıkta (130-145-160-175-190 ve 205 °C) ve dört farklı sürede (3-6-9-12 saat) ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişim deneysel olarak belirlenip hiçbir ısıtma işlemine tabi tutulmayan test örnekleri ile karşılaştırılarak uygulanan ısıtma işleminin deney örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen mekanik özelliklere ait veriler MATLAB da oluşturulan yapay sinir ağları (YSA) ile modellenerek gerçek değerler ile karşılaştırılması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. ISIL İŞLEM

Isıl işlem, etkili bir ağaç malzeme modifikasyon yöntemi olarak değerlendirilir. Stamm'ın bu konu ile 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 Finlandiya (ThermoWood) yöntemi, buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, inert gaz kullanılan Fransız (Rectification) yöntemi ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (Korkut ve Kocaefe, 2009). En yaygın kullanılan ısıl işlem metodu Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından

geliştirilmiş ve ThermoWood olarak adlandırılan yöntemdir (Baltacı, 2010). Ahşap malzemenin yüksek sıcaklıklarla muamele edilmesi olan bu yöntem Finlandiya başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde kullanılmaktadır. Isıl işlem süresince kullanılan enerjinin % 80'i ilk kademedeki kurutma için kullanılmaktadır. Bu kullanılan enerji klasik kereste kurutma sürecinde kullanılan enerjinin sadece % 25'ini oluşturmaktadır. Ayrıca ısıl işlem yönteminde hiçbir kimyasal gerektirmeyip sadece su ve ısı enerjisi kullanılmaktadır (Mayes and Oksanen, 2002).

2.2. ISIL İŞLEMİN AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Isıl işlem uygulaması odunda daimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine sebep olur. Bu değişim tamamen hemiselülozun termik yıkımı sonucunda meydana gelir. Elde edilmek istenilen değişimler 150°C'de başlar ve sıcaklığın artmasıyla her

kademede sürer ve sonucunda rutubetten dolayı oluşan daralma ve genişleme düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur (Çalıova, 2011).

Sıcaklık ısıtma işlemde en önemli faktördür. fakat ağaç türü, ısıtma işlem süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve sıcaklığın eşit dağılımı sonuca direk olarak etkisi bulunmaktadır (Viitanen et al., 1994). Odunun termal deformasyonu 100 °C sınırından sonra başlar ve 200 °C nin üzerinde yapısal bozunmalar oluşur, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve buhar fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270 °C'nin üzerinde ise odunun piroliz ve yanma olayı başlar (Fengel and Wegener, 1989).

2.3. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE ODUNDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL DEĞİŞİMLER

2.3.1. Ağırlık Kaybı ve Yoğunluk Değişimi

Isıtma işlem sonrası meydana gelen ağırlık kayıpları, var olan hidroksil gruplarının sayısı düşmesiyle görülen odun yapısındaki su azalması, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği sanılmaktadır. (Viitanen et al. 1994; Fengel and Wegener 1989). Isıtma işlem yapılmış odun, ısıtma işlem yapılmamış oduna göre daha az yoğunluğa sahiptir. Isıtma işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça odunun hacmi daralır, ağırlık kaybı artar bu yüzden yoğunluk azalır.

2.3.2. Boyutsal Kararlılıktaki Değişim

Boyutsal stabilizasyondaki artma, termal olarak modifiye olmuş odun elde edilebilmektedir. Ancak izlenen etkiler ısıtma işlemine bağlı bir şekilde değişmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalar sonucunda boyutsal kararlılığın yalnızca kimyasal maddelerin kullanılmasıyla değil aynı zamanda da ısı muamelesiyle elde edilebileceği sonucuna varmışlardır (Yıldız and Gümüşkaya 2007). Boyutsal stabilizasyondaki değişim 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 zaman, boyutsal stabilizasyon en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Bu ağırlık kaybının yanında boyutsal stabilizasyondaki artış kapalı sistemlerde daha fazla gerçekleştiği bulunmuştur. Boyutsal stabilizasyon açık sistemlerde nitrojen ortamında yapıldığında kütle kaybı %20'yi geçtiği zaman değişim görülmemiştir ancak örnekler yine açık sistemlerde hava ortamında ısıtıldığında boyutsal stabilizasyonda düşüşler gözlenmiştir. Konsantre olmuş sıvı sodyum hidroksit, mora haline ya da primidin de modifiye olmuş odunun şişmesi, modifiye olmamış oduna göre aynı seviyede veya daha yüksektir. Fakat odunun suda şişmesi düşmektedir. Bu elde edilen verilerden boyutsal stabizasyondaki artışın, termal modifikasyon süresince eter çapraz bağlarının oluşumunun ciddi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Liginde çapraz bağ oluşumu, termal olarak modifiye olmuş odunun boyutsal stabilizasyonunda bir gelişme sağlayan etkenler arasında olmayabileceği sanılmaktadır (Burmester, 1975). (Stamm and Baetler 1960), hemiselülozun kaybolması ısı muamele edilmiş odunun boyutsal stabilizasyonuna en büyük katkısı sağladığını göstermiştir. Isıl işlem sonucunda boyutsal stabilizasyondaki değişime katalizlerin etkileri araştırılmış ve kataliz ($ZnCl_2$ ya da $NaCl$) varlığında ve yokluğunda açık bir sistemde ısı işlemin sonucu olarak odunun boyutsal stabilizasyonu çalışılmıştır. Bunun sonucunda kataliz olmayan termal muamele de, ağırlık kaybı ve boyutsal stabilizasyon %16 oluncaya kadar ilişkilidir. Daha sonra boyutsal stabilizasyonda düşüş baslar. Her iki kataliz varlığındaki muamele durumundaki bu ilişki %10 ağırlık kaybindan sonra kaybolmaktadır (Yun et al. (1999). Isıl işlem uygulamasının sonucunda boyutsal stabilizasyondaki gelişmelerin türlere bağlı olduğu ve radyal yöndeki çalışmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun anatomik farklılıklarından dolayı olduğu belirlenmiştir (Feist and Sell, 1987; Giebeler, 1983; Viitaniemi, 1997).

2.3.3. Yapışma Özelliklerindeki Değişim

Ahşabın kimyasal yapısındaki değişimler ile (OH^- içeriğinde termal bozunmalar) materyalin ıslanabilirliğini ve yüzey enerjisini düşmektedir. Bu nedenden dolayı; polar yapıştırıcılar veya suda çözünmeyen yapıştırıcılar kullanıldığında zayıf bir birleşme olması doğaldır. Ayrıca, odunun lifleri arasında düşük yapışma hattı

sağlamlaştırılırsa bile yapıştırılan materyalin başarısız olması beklenilir. Chow (1971), PF ile bağlanmış kaplamaların makaslama direnci özellikleri incelemiş ve ısı işlem muamele zamanı ve sıcaklığı arttıkça odunda yapışmanın başarısız olma ihtimalinin arttığı ve yapışma direncinde azalma olduğu belirtmiştir. UF reçinesiyle Kavak, Kayın, Akçaağaç ve Karaağaç ısı işlem uygulanarak yapıştırılmış ve kavak odununun diğer örneklerle göre daha iyi performans göstermesine rağmen muamele sıcaklığı ve zamanı artarken yapışma hattında bir azalma olduğu gözlenmiştir. Benzer sonuçlar PVAc tutkalıyla ısı işlem görmüş Karaağaç örnekleri içinde belirlenmiştir. Hem fenol resorsinol formaldehit (PRF) hemde polivinilasetat (PVAc) yapıştırıcıları kullanılarak elde edilen glulam örnekleri 5 saat 220°C’de muamele görmüş çam ve ladin odunu test edilmiştir. PVAc ile bağlanan örneklerin performansı ciddi oranlarda düşük olduğu gözlenmiştir. Ancak PRF ile bağlı örnekler iyi bir performans vermiştir (Bengtsson et al., 2003).

2.3.4. Renk Değişimi

Odunda meydana gelen fiziksel değişim uygulanan ısı işlem metoduna bağlıdır. Hava ortamında gerçekleşen kararın nitrojen ortamında yapılanlara göre daha fazla gerçekleşir. Sıcaklık etkisi ile odunun rengi koyulaşmaktadır. Odun kahverengi bir renk tonu ve karakteristik bir koku kazanır. Oundaki renk değişimi işlem türüne ve özellikle 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).

2.3.5. Koku Değişimi

Bozunma ürünlerinin çoğu, ısı işlem muamelesi süresince oluşur ve de bunların birkaçı hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehytlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin hoş olmayan kokusu muameleden 2–3 hafta sonra ortadan kalkar (McDonald et al., 2002).

2.3.6. Denge Rutubet Miktarı Değişimi (DRM)

Isıl işlem, aęaç malzemenin denge rutubet miktarını (DRM) açık bir Őekilde dūřurur ve yüksek sıcaklık derecelerinde (220  C) DRM ısıl işlem uygulanmamış aęaç malzemeye 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 sabit kalır teğet genişleme radyal genişlemenin iki katı kadardır (Mayes and Oksanen, 2002).

2.3.7. Isı İletkenliği Değişimi

Isıl işlem uygulanmış odunun ısı iletkenliği dūřmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda ısıl işlem grmūř odunun ısı iletkenliği değerleri kontrol numunelerine kıyasla % 20–25 azalır (Gller ve Korkut, 2007). Bundan dolayı ısıl işlem muamelesi ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında uygundur (Militz, 2002; Mayes and Oksanen, 2002).

2.3.8. Çatlaklar

Termal muamele boyunca odunda hem yüzeyde hem de uçlarda çatlak problemleri ile karşılaşılmaktadır. Fakat modifiye olmuş odun, muamele görmemiş odunla karşılaştırıldığında hücre boyutlarında hiçbir net değişim gözlenememektedir (Schneider, 1973; Viitanen et al., 1994; Viitaniemi and Lemsa, 1996; Hietala et al., 2002).

2.4. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN MEKANİK DEğİŞİMLER

Isıl işlem muamelesi boyunca gerek odun içerisinde gerekse yüzeylerde meydana gelen çatlaklar ve yarılmalar ahşap materyalin direncinde ciddi sorunlara yol açmakta ve mekanik özellikleri olumsuz etkilemektedir. Bilhassa yüksek sıcaklıklarda oluştuğu bilinen formik ve asetik asit formasyonu öncelikli olarak hemiselülozdan başlayarak birçok odun bileşenini tahrip eder ve bunun sonucunda

kütle kayıpları meydana gelir. Kütle kayıpları sonucunda özgül kütlenin azalması özgül kütleyle bağlı olan mekaniksel özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir.

2.4.1. Eğilme Direnci Değişimi

Genel olarak eğilme direncindeki önemli oranda düşüşler 210 °C'den sonra başlamaktadır. Yapılan çalışmalar, ısıtılmış odunun eğilme direnci değerleri ısıtılmamış odunun eğilme direnci değeri ile kıyaslandığında ısıtılmış odununun eğilme direnci değeri daha düşük olduğu söylenmektedir. %12 rutubetteki ladinin referans değerleri; eğilme direnci 40–50 N/mm²'dir. Eğilme direnci ısıtılmış odun ile ısıtılmamış odun karşılaştırıldığında % 40'dan daha fazla düşüş gösterdiği bulunmuştur. Bu durum odunun kusurlu (budak vb) olması durumunda daha da fazla olmaktadır. Kısa periyotlarda 180–250 °C sıcaklık altında su buharı kullanılarak ısıtılmış çam odununun eğilme direncinin kontrol örneklerine nazaran %14 oranında azaldığı belirlenmiştir (Aydemir, 2007). Kayın ve çam diri odunları 100 °C, 130 °C, 150 °C, 180 °C ve 200 °C sıcaklıklarda 6, 24 ve 48 saat süreyle ısıtılma maruz bırakılmış ve 180 °C üzerindeki sıcaklıklarda eğilme direncinde ciddi bir düşüş gözlemlendiği görülmüştür (Baştuğ, 2010).

2.4.2. Elastikiyet Modülü Değişimi

Isıtılmış uygulanmış odun, ısıtılmamış oduna nazaran hücre çeperinde daha az bağlı su bulundurur. Bu işlem ağaç malzemenin daha az higroskopik olmasına neden olmakta ve bunun sonucunda ağaç malzemenin elastikiyet modülünü etkilemektedir (Boonstra, 2008). Birçok çalışmada, elastikiyet modülündeki azalışın ısıtılma sıcaklığı ve diğer şartlara bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Çeşitli odun türlerinin 115 °C'den 175 °C'ye değişen sıcaklıklarda, hava ortamında ısıtılan örneklerin elastikiyet modülünde ilk başlangıçta artış olmuş ve daha sonra hızlı bir azalmanın gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu özelliklerdeki düşüş oranı, ısıtılma sıcaklığı artışıyla birinci dereceden ilgilidir (Baştuğ, 2010).

2.4.3. Basınç Direnci Değişimi

Isıl işlem görmüş malzemenin basınç direnci, radyal yönde azalma ve teğet yönde az miktarda artma gösterirken, boyuna yönde oldukça belirgin şekilde artmaktadır. Boyuna yöndeki artma, ısıl işlem uygulaması sonucunda bağlı su miktarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Liflere dik basınç direnci, liflere paralel basınç direncinden çok daha düşüktür. Isıl işlem uygulamasından sonra lignin ve hemiselüloz matrisi içindeki değişimler, liflere dik yöndeki basınç direnci üzerinde daha önemli etkiye sahiptir. Lignin polimer ağının artan çapraz bağlanması, basınç direnci üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Isıl işlem uygulaması sonucu radyal yöndeki basınç direncinde küçük radyal çatlaklardan kaynaklandığı tahmin edilen bir azalma meydana gelmektedir (Boonstra, 2008).

2.4.4. Makaslama Direnci Değişimi

Isıl işlem sonunda makaslama direncinin azalması; orta lamelin % 20'sini oluşturan polyozların furfural polimerlerine kısmi olarak dönüşmesinde kaynaklanmaktadır. Isıl işlem, makro yapı düzeyinde makaslama direncine etki etmektedir. İğne yapraklı ağaç türleri, dar yıllık halkalara sahip olmaları ve ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olması ile yaz odunu teğet çatlaklara karşı hassaslığını ortaya çıkarmaktadır. Oduna uygulanan dış kuvvetler, iç makaslama gerilmelerine sebep olduğunda daha hızlı ve artan bir kırılmaya yol açar (Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.4.5. Çekme Direnci Değişimi

Çekme direnci değişiminde, selüloz polimerinin dipolimerizasyonu ve polimerizasyon derecesinin azalması çekme direnci kayıplarının temel sebebidir. Isıl işlem uygulaması sonucu, selüloz polimerinin depolimerizasyonuna neden olan amorf selülozun az miktarda ancak önemli derecede bozunması gerçekleşmektedir. Bu olay ısıl işlem uygulanmış odunun çekme direncinin azalmasında önemli bir rol oynar (Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.4.6. Şok Direnci Değişimi

Isıl işlem odunun şok direnci değerlerinin normal şartlarda kurutulmuş kerestelerden daha az olduğunu göstermiştir. 220 °C gibi yüksek sıcaklıklarda 3 saatlik bir uygulama odunun şok direncinin neredeyse % 25 kadar düşürmektedir (Mayes and Oksanen 2002).

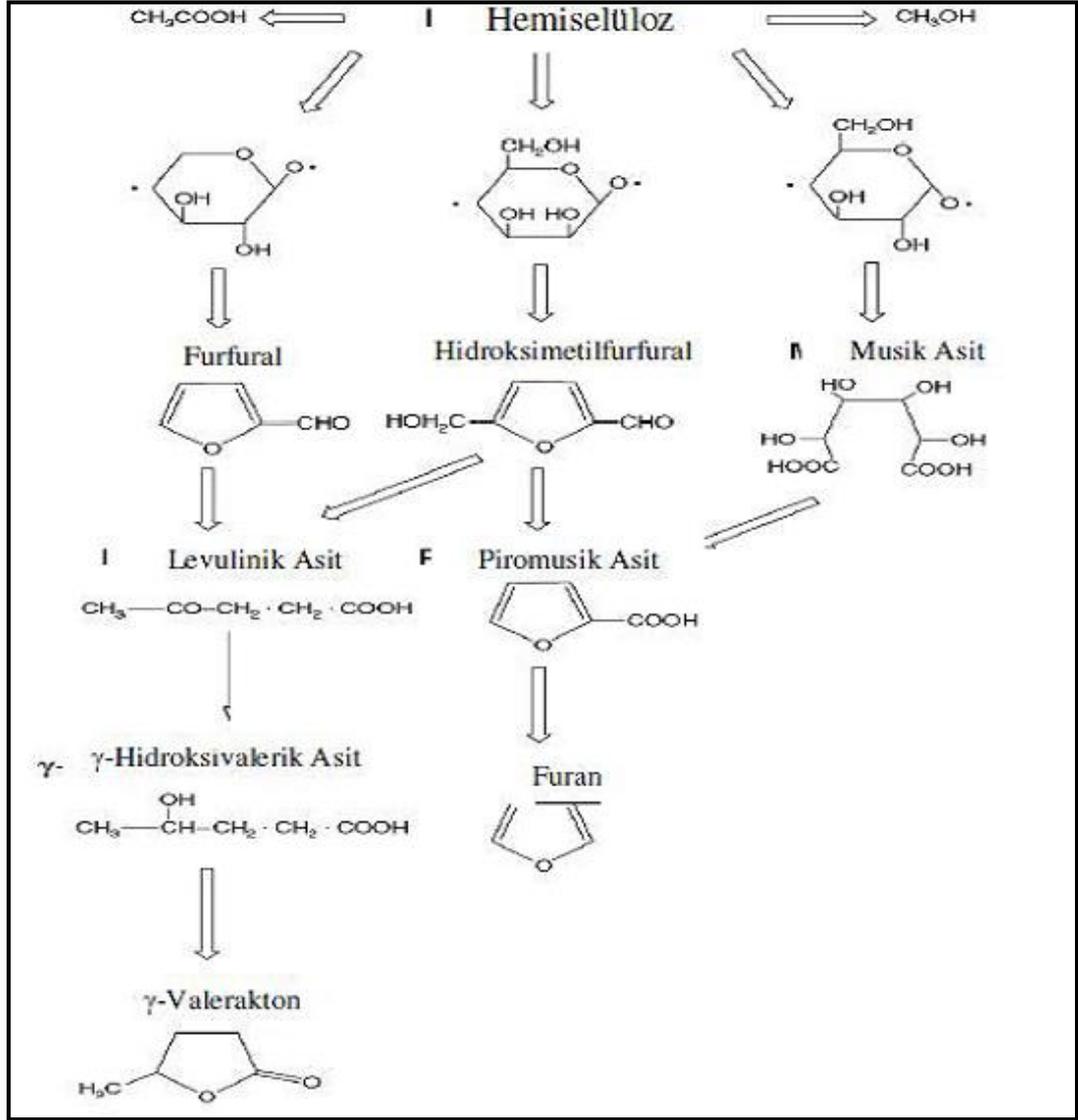
2.5. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN KİMYASAL DEĞİŞİMLER

Yüksek sıcaklıklardaki ısı işlem sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha çok degrade olduğu kabul edilir. Fakat selüloz ve ligninin direncini belirlemek zordur. Büyük bir çoğunlukla polisakkaritlerin azalışı bilhassa 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda başlamaktadır. Ancak bu durum ısı işlem 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 sebebidir yapılan daha önceki çalışmalara göre yapraklı ağaçlarda daha fazla sayıda asetil grubunun olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Millet and Gerhrds, 1972; Hillis, 1975; Feist and Sell, 1987).

2.5.1. Hemiselülozda Meydana Gelen Değişim

Isıl işlem sonrası hemiselülozun bozunması, sıcaklık ve uygulama süresiyle artar (Bourgois et al., 1989). Ağaç malzeme ısıtıldığında odunun polimerik bileşenlerinin çoğu termal muamele sonucunda yumuşayarak parçalanmaya başlar ve bunun sonucunda değişik uçucu heterofilik bileşenler (furanlar 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 sebep olan sıcaklık, 200 °C'deki sıcaklıklarda İYA hemiselülozunun termal muameleye daha fazla dirençli olduğu gözlenmiş, bunun yanında bozunma sıcaklıkları daha düşük ve

bozunma oranının oksijenli ortamda daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır. Hemiselülozların bileşenleri her ağaç malzeme türü için farklılık gösterir. Isıl işlem uygulamasından sonra odun daha az hemiselüloz içerir. Bunun sonucunda hassas mantar maddesi önemli derecede azalır ve metodun çürüme mukavemeti, normal fırında kurutulmuş oduna göre artar. Hemiselülozun dağılmasıyla su absorbe eden hidroksil gruplarının konsantrasyonu azalır ve boyutsal stabilizasyon normal fırında kurutulmuş olana göre artar. Hemiselüloz'un dağılma sıcaklığı 200-260 °C, selülozun ise 240-350 °C arasındadır. YA'daki hemiselüloz miktarı iğne yapraklılara göre daha çoktur. Bu yüzden bozunma yapraklı ağaçlarda iğne yapraklı ağaçlara göre daha kolay gerçekleşmektedir. Hemiselüloz zincirlerinin parçalanması; selüloz zincirinin parçalanmasıyla meydana gelen direnç kayıpları gibi direnç özellikleri üzerinde çok fazla bir etkiye sahip değildir. Hemiselüloz zincirlerinin parçalanması odunun sıkıştırılabilirliğini artırırken odun içinde baskı oluşumunu azaltır ve odunun sağlamlığında azalışa neden olabilir (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).

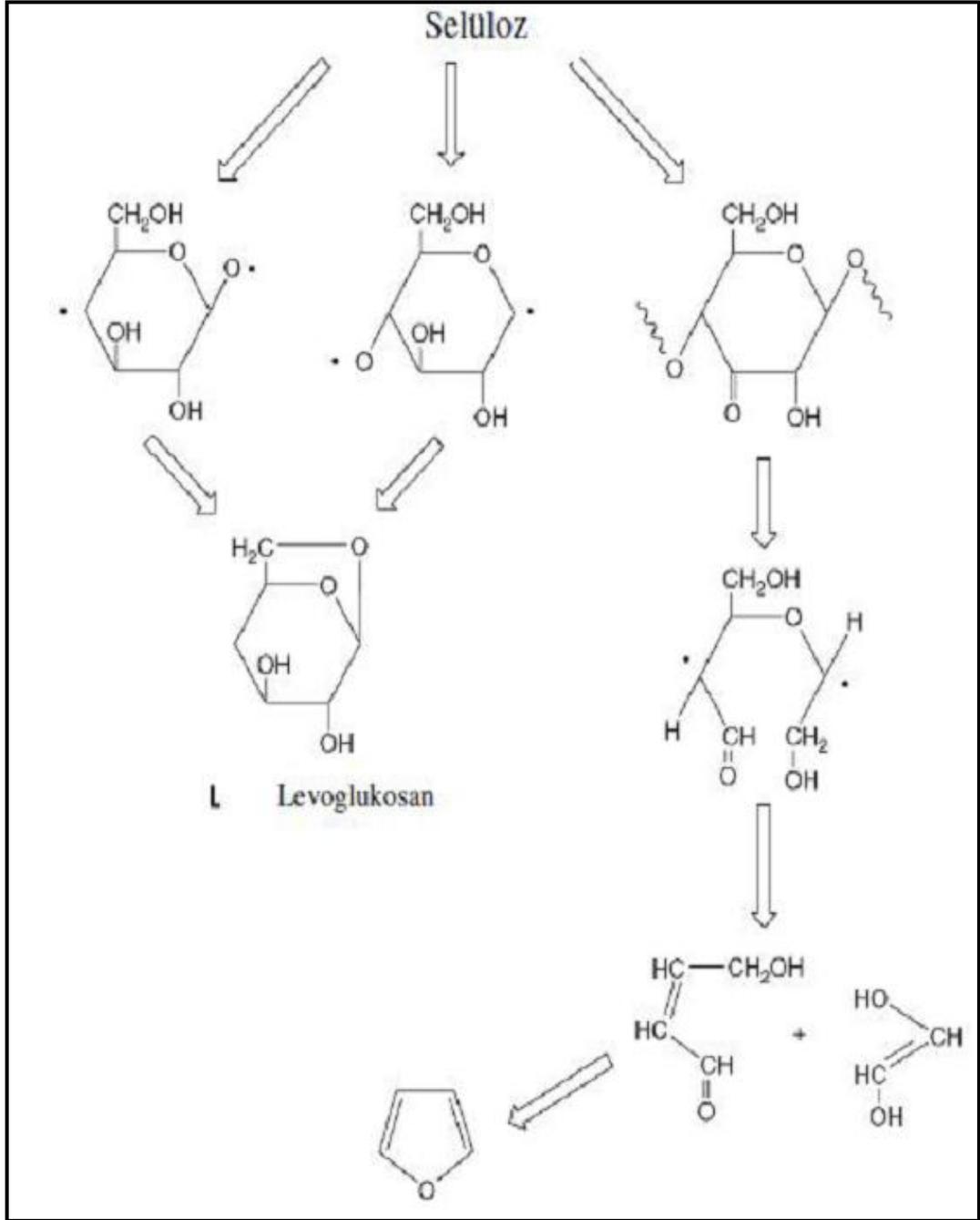
2.5.2. Selülozda Meydana Gelen Değişim

Odunun en önemli bileşenlerinden olan selüloz yapısı gereği çok sağlam bir polimerdir. Bazı kanıtların tersini söylemesine rağmen selüloz degradasyonunun, hemiselülozlardan daha yüksek sıcaklıkta olduğu kabul edilmektedir. Selülozun amorf kısımları termal degradasyondan en çok etkilenen bölgedir.

Bu bölgeler hemiselülozun heksozan bileşiklerine benzemektedir. 300-340 °C sıcaklıklarda selülozun kristalin bölgeleride degrade olmaktadır (Kim et al., 2001). 150°C sıcaklıkta hava ortamında selülozun polimerizasyon derecesi, ısıtılırken hızlı

bir düşüş gösterir (Fengel and Wegener ,1989). Termal olarak ısı işlem görmüş kayında ağacında selülozun polimerizasyon derecesindeki düşüş, sıcaklık 120°C'nin üzerine çıktığında görülmesine rağmen, yalıtılmış selülozun DP'deki düşüş 100°C'deki sıcaklıklarda baş gösterir.

Hava ortamındaki ısıtma selülozun OH⁻ gruplarında oksidasyona neden olduğu için karbonil, karboksilik ve kısa zincirli hidroperoksit gruplarının oluşumu meydana gelir. Uzun periyotlarda ısıtma karboksilik gruplardaki artışlarla, karboksil gruplarının oluşumundan dolayı selülozik materyallerin sarardığı gözlenir. CO₂, CO ve selülozun 170°C ısıtılmasıyla oluşur ve elde edilen sonuçlara göre nitrojen ortamında yapılan ısıtma hava ortamında yapılan ısıtmaya göre daha az olmaktadır. 300°C üzerinde piroliz oluşurken reaksiyon kinetiğinde bir değişim meydana getirir. Dağılmış ürün formları diğer odun bileşenleriyle daha sonra ki zamanlarda reaksiyon verme kabiliyetinde olmalarına rağmen izole edilmiş selülozda bu durum kesin değildir (Sanderman and Augustin, 1964). Diğer oluşan ürünler anhidroglukozlar, furan ve furan bileşikleri Şekil 2.2'de verilmiştir.



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

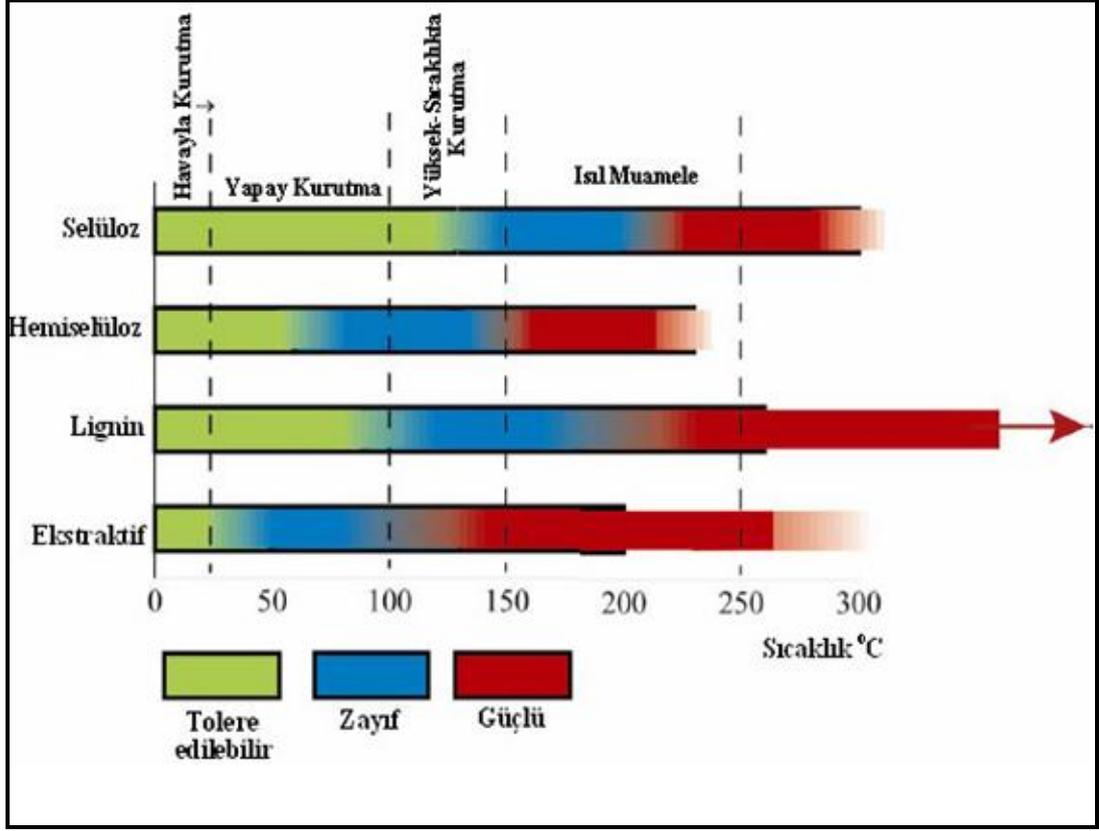
2.5.3. Ligninde Meydana Gelen Değişim

Hücre çeperi bileşeni olan lignin termal olarak en fazla stabil olan yapı taşıdır. Fakat ligninin termal bozunması düşük sıcaklıkta, değişik fenolik parçalanma ürünlerinin oluşmasıyla gerçekleşir (Sanderman and Augustin, 1964). Isıtma boyunca polisakkarit materyallerin azalması malzemenin lignin içeriğinde artmaya yol açar.

Lignindeki önemli reaksiyonlar 280 °C' ve daha yukarıdaki sıcaklıklarda meydana gelir (Haw and Schultz, 1985). Lignin odun hücrelerini bir arada tutar. Odun hücrelerinin orta lamellerinin koyu materyali esas olarak lignin materyalidir. Bundan başka lignin primer ve sekonder hücre çeperinde de bulunur. Isıl işlem sırasında fenil propan üniteleri arasındaki bağlar dağılarak ayrılır. Tüm odun bileşenlerinin yanında lignin sıcaklığa en iyi şekilde direnç gösterme özelliğine sahiptir. Lignin de kütle kaybı sıcaklık 200°C'yi aştığı zaman düşmeye başlar ve aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıkta ligninin metoksil içeriği düşer ve ligninde bazı ünitelerin difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü göze çarpar. Bu reaksiyonun odunun renginin, reaktifitesinin ve bozunma gibi değişimlerin meydana gelmesinde önemli derecede etkisi vardır (Mayes and Oksanen, 2002).

2.5.4. Ekstraktiflerdeki Değişim

Yüksek sıcaklıklarda termal olarak muamele görmüş odunun asetik asit ve terpen emülsiyonu seviyeleri modifiye olmamış odunla karşılaştırıldığında emülsiyon seviyelerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Mayes and Oksanen, 2002). Isıl işlem süresince odun yüzeyinde ekstraktiflerin taşınması, planyayla giderilebilecek hoş olmayan reçine lekelerinin oluşumuna sebebiyet verebilir. Şekil 2.3'de odunun yapısı oluşturan ana bileşiklerin yüksek sıcaklıklardaki etkileşimi verilmiştir.



Şekil 2.3. Nemli şartlar altında ısıl işlem muamelesi ve kurumadan dolayı odun bileşiklerindeki genel değişim.

2.5.5. Asit Oluşumu

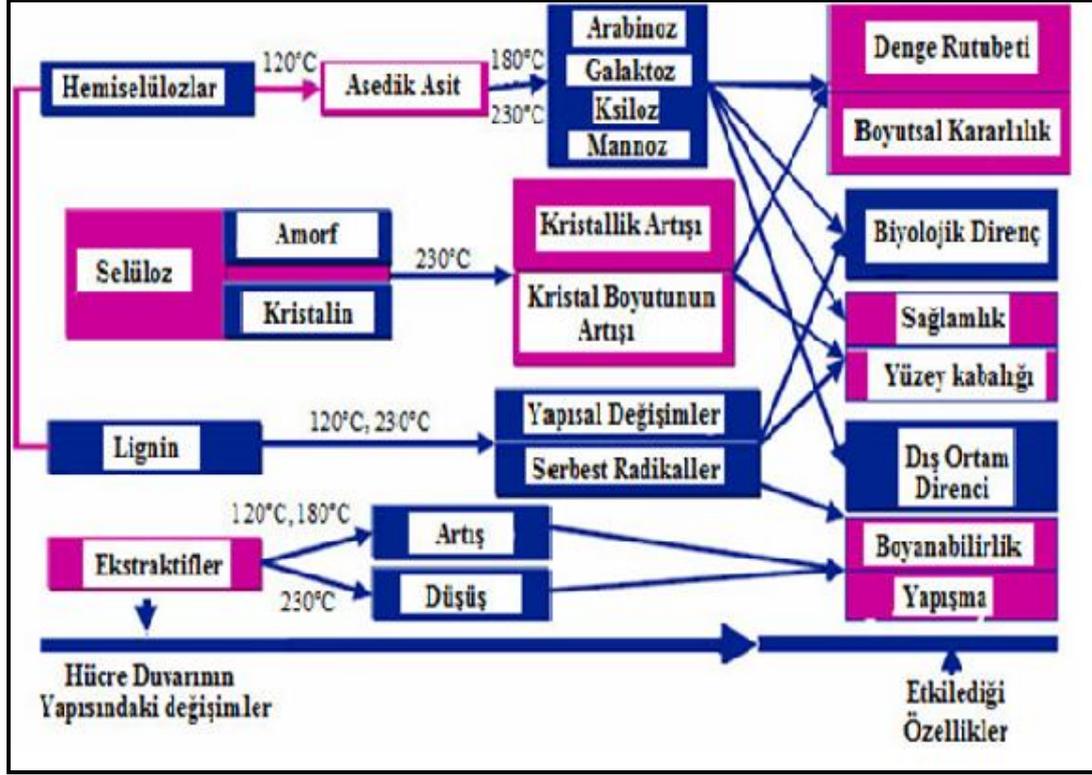
Normal olarak, yeni kesilmiş bir odun genellikle 3–6 pH derecelerinde asidiktir. Bu durum yapısal bileşiklerdeki, yağ asitleri, asidik fenoller, düşük moleküllü asitler ve karbolik gruplar gibi ekstraktiflerle ifade edilir (Ekman, 1979; Balaban and Uçar, 2001). Bunun aksine İYA' da asidik asit oluşumu görülmez (Risholm-Sundman et al., 1998). Odunun ısıtılmasıyla başlayan asetik asitin tetiklenmesi hemiselülozun degradasyonunu başlatır. Asetik asit ve formik asit emülsiyonu 100°C'de Pinus radiatannın kurutulmasında belirlenmiştir. Odunun formik asit orijini net olmamakla birlikte analizde kolaylıkla yapılamaz. Bu bazı moleküllerin çok düşük ağırlıkta ve uçucu olmasından kaynaklanmaktadır. Yaklaşık olarak 150°C üzerindeki sıcaklıklarda, odunda formik asidin oluşumu çok hızlıdır ve artan konsantrasyonlar da olduğu belirlenebilir. Asetik asit ısıl muamele süresince görülen belirgin asitler arasındadır (Aydemir, 2007).

2.6. ISIL İŞLEM SÜRESİNCE MEYDANA GELEN BİYOLOJİK DEĞİŞİMLER

Ağaç malzemedeki çürümeye en fazla sebebiyet veren mantar türleri (*Coniophara puteana*) ve (*Poria placenta*)'dir. Yapılan çalışmalarda ısı muamelesiyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı odunun biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bunun üç temel nedeni bulunmaktadır. Bunlar odunun yapısında doğal olarak bulunan suyun buharlaşması, mevcut hidroksil gruplarının azalması ve bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı olduğu belirlenmiştir. Kavak, ladin ve göknar örnekleri 200–260 °C'de termal olarak muamele edilmiş ve sonuçta mikrobiyolojik saldırılara karşı örneklerin dirençlerinin arttığı tesbit edilmiştir (Troya and Navarrete 1994),

2.6.1. Böcek Saldırıları

Yapılan testler ısı işlem görmüş odunun böceklere karşı direncinin daha iyi olduğunu göstermiştir. Isıl işlem görmüş odunun terpen emülsiyonunun normal odundan daha düşük olmasından dolayı bal arılarının yumurtalarını muhafaza edeceği en uygun yer ısı işlem görmüş çam odunudur. Aynı zamanda bu durum termitler içinde geçerli olduğu için tehlikeli bir durum arz etmektedir. Değişik türlerin odun örnekleri 150°C buhar ortamında ve 150°C hava ortamında değişik periyotlar boyunca *C. formosonus* ya da *R. speratus* termit türleriyle saldırı ortamında ısıtma yapılmıştır (Doi et al., 1997; 1999). Buharla yapılmış olan muamelenin böcek saldırılarına karşı etkili olduğu görülmüş ve bunun aksine ısı ile yapılan ısı işleminin çok az etkisi olduğu belirlenmiştir. Şekil 2.4'de Isıl işlem görmüş aşhup materyalin reaksiyon mekanizması görülmektedir.



Şekil 2.4. Isıl işlem görmüş aşhap materyalin reaksiyon mekanizması.

2.7. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (YSA), insan beynindeki nöron olarak isimlendirilen bir çok sinir hücresinden oluşan biyolojik sinir ağlarının çalışma mekanizmasından esinlenerek geliştirilmiş, beynin temel özelliklerini modellemeye çalışarak verileri işleyecek şekilde tasarlanan sistemlerdir. Elektronik devrelerden oluşan yapılarla ya da bilgisayar yazılımları ile benzetimi yapılarak uygulanan YSA; beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak bir öğrenme sürecinden sonra, bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir (Sağiroğlu, Beşdok ve Erler, 2003). YSA, süreç içinde kendi kendine öğrenebilen ve karar verebilen bir algoritmaya sahiptir (Ataman, Kaynak ve Yüncü, 1999). Girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki bilinmeyen ve tespit edilmesi zor olan ilişkiler, YSA ile varsayımda bulunulmadan ve ön bilgiye ihtiyaç duyulmadan ortaya çıkartılabilir. YSA doğrusal modellerden farklı olarak ilgilenilen problemin verileri arasındaki ilişkilerin doğrusal olmadığı, belirsizlik ve kesinsizlik durumlarında da modellemeyi sağlayabilmektedir (Zhang, Patuwo and Hu, 1998) YSA, birbirleri ile

paralel ve ardışık bir biçimde bağlanan yapay nöronlar ile yapay nöronların girdisi üzerinde etki eden farklı ağırlık değerlerine sahip bilgi ileten bağlantılarından oluşurlar (Yıldız, 2001; Demir, Tuntaş ve Köksal, 1999). Bilgi işleme, ağa gelen bilgilerin bu ağırlıklı bağlantılar kullanılarak çıktıya dönüştürülmesi ile gerçekleşir. Bu yapı YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini arttırmakta, eş zamanlı çalışarak karmaşık işlemleri yerine getirmesini sağlamaktadır.

YSA probleme özel basit yapıları, öğrenebilme, genelleme, paralel işlem yapabilme ve hatayı tolere etme kabiliyetlerinden ve modellenmesi güç olan, doğrusal olmayan karmaşık problemlere kolay çözümler sunabilme gibi üstünlüklerinden dolayı karmaşık sistemlerin modellenmesinde ve denetiminde çok geniş uygulama alanı bulmuştur. Bu hesaplama ve bilgi işleme gücünü geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir (Sağiroğlu, Beşdok ve Erler, 2003; Atik, 2004; Haykin, 1994; Skapura, 1995).

2.8. ULUSAL VE ULUSLARARASI YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

2.8.1. Isıl İşlem İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Kocaefe vd (2006a), ısı işlemin matematiksel olarak modellemek için 3 ayrı model (luikov yaklaşımı modeli, multifaz modeli ve difüzyon modeli) geliştirmiştir. Difüzyon modeli diğer iki modelle karşılaştırıldığında daha az sabit ve daha kısa hesaplama gerektirmektedir. Difüzyon modeli tahminleri multifaz modeliyle benzer sonuçlar vermektedir. Bu nedenle bu modelin muamele modellenmesinde kullanılmasının uygun olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca bu model tahminleri sıcaklık ve nem içeriği oranlarını en iyi olarak belirleyebilen model olarak görülmüştür.

Özçifçi, Yapıcı ve Altun (2009), sarıçam odununu (*Pinus sylvestris L.*) 4 saat, 6 saat ve 8 saat süre ile 150 °C, 170 °C ve 190 °C sıcaklıkta ısı işlem uygulamış ve dengesiz olarak eğilmede elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED), basınç direnci (BD), ağırlık kaybı (AK), toplam renk değişimi (ΔE^*) ve hacimsel şişme (HS) değerleri belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre ısı işlem sarıçamın EM ve ED değerlerini düşürürken, BD değerini arttırmıştır. En fazla etkilenen mekanik direnç

ED olmuştur. Isıl işlem sarıçamın renginde koyulaşmaya neden olurken hacimsel şişmesi yaklaşık % 50 azalmıştır. Isıl işlemin sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça, tüm bu özelliklerdeki değişim miktarın da arttığını belirlemiştirlerdir.

Şahin Kol (2010), Çam (*Pinus nigra Arnold*) ve göknar (*Abies bornmüllerina Mattf*) odunlarını 212 ve 190 °C' de 2 saat süre ile ThermoWood ısıl işlem yöntemi ile muamele etmiş ve fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştirlerdir. Sonuç olarak, ısıl işlemin eğilme direnci, elastikiyet modülü ve şok direncini azalttığını belirtmiştir. Basınç direnci ve şok direncinde etkilediğini belirtmiştir. Hacimsel daralma ve genişlemenin yarıya düştüğü belirtilmektedir. Çam odunundaki değişimlerin göknarda yüksek olduğu belirlenmiştir.

Akyıldız ve Ateş (2008) sapsız meşe (*Quercus petraea Lieb.*), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa Mill.*), kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) ve karaçam (*Pinus nigra Arnold.*) odunlarının DRM 'ye ısıl işlemin etkisini atmosferik basınç altında ve hava ağırlığında 3 farklı sıcaklık (130, 180, 230°C) ve 2 farklı zamanda (2 ve 8 saat) ısıl işlem uygulayarak araştırmışlardır. Sonuç olarak, 230 °C'de hem 2 saat hem de 8 saat ısıl işlemde DRM' nin düşük değerleri aldığını, diğer örneklerle karşılaştırıldığında 230 °C' de 2 saat ısıl işlemde en düşük DRM değerinin % 7 ile sapsız meşede, en yüksek değerinin ise % 14,2 ile 130 °C'de 8 saat ısıl işlem görmüş kızılçam odununda olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçlarda ısıl işlem arttıkça DRM' nin azaldığı görülmüştür.

Sefil (2010), Doğu kayını ve Uludağ göknarını çeşitli sıcaklıklarda (170, 180, 190, 205, 212 °C) 2 saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısıl işleme tabi tutmuş ve kontrol gruplarıyla karşılaştırmıştır. Sonuç olarak; ısıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarı azalmış, boyutsal stabilizasyon önemli oranda artmış, odunların ısı yalıtkanlık değerleri artmış, toplam renk homojen bir şekilde koyulaşmıştır. Mekanik özelliklerden eğilme direncinde ısıl işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak düşüş gözlenmiş, elastikiyet modülünde çok az bir artış gözlenmiş ve liflere paralel basınç direncinde artış gözlenmiştir.

Şahin Kol ve Sefil (2011), ThermoWood yöntemiyle ısıtılmış, doğu kayını ve göknar (170, 180, 190, 205, 212 °C' de 2 saat) odununun ısı iletkenlik değerlerini incelemiş ve ısıtılmış ısıtım sıcaklığı arttıkça ısı iletkenlik katsayısını azalttığı belirlenmiştir.

Aydemir (2007), ısıtılmış göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen(*Carpinus betulus* L.) odunlarının atmosferik şartlar altında 3 farklı sıcaklık (170, 190 ve 210 °C) ve 3 farklı zamanda (4, 8 ve 12) saatte bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini araştırmıştır. Sonuç olarak; ısıtılmış örneklerin fiziksel özellikleri üzerinde özellikle de denge rutubeti ve renk değişimi üzerine etkisinin olumlu olduğunu, sıcaklık ve sürenin artmasıyla mekanik ve teknolojik özelliklerde azalma olduğu gözlenmiştir.

Yıldız (2002), ısıtılmış Kayın ve Doğu Ladini odunları atmosferik şartlarda 2,6 ve 10 saat süreyle ve 130, 150, 180, 200 °C sıcaklıklarda ısıtılmış uygulaması yapmıştır. Sonuçta, boyutsal stabilizasyonda ısıtılmış işlemin memnuniyet verici olduğunu tespit etmiş. Mekanik ve teknolojik özelliklerinin değerleri genellikle maruz olduğu şartların ve sıcaklığın ağırlaştırılmasıyla bir düşüşe sebebiyet verdiğini görmüştür. Kimyasal özelliklerin, holoselülozların ısıtılmış süresince en çok degrade olduğu belirtmiştir.

Yıldız ve Gümüşkaya (2007), ısıtılmış ladin (*Picea orientalis*) ve kayın (*Fagus orientalis*) odun örneklerinden alınmış relatif triklinik (I_a) ve monoklinik (I_b) yapı selüloz içeriğinin kristali ve hesaplamalarını Fourier Transform Infrared (FT-IR) spektrometresini kullanarak belirlemişlerdir. Test örneklerine fırında 3 farklı sıcaklık derecesinde (150–180–200°C), 2 farklı zaman diliminde (6 ve 10 saat) ve atmosferik basınç altında ısıtılmış uygulanmıştır. Odun numunelerindeki selüloz kristalinin termal modifikasyonlarla birlikte arttığı belirlenmiş olup sonuç olarak, selüloz kristalindeki değişimin yalnızca sıcaklığa bağlı olarak değil termal modifikasyondaki uygulanan süreye de bağlı olduğu belirlenmiştir. Ladin ve kayın odun örneklerindeki selüloz I_a/I_b oranının termal modifikasyonlarla değiştiği saptanmış olup; mono klinik yapının selüloz kristal yapısında baskın hale geldiği

belirlenmiştir. Termal modifikasyondan sonra ladin odunundaki selülozun kristal yapısının kayın odunundakilere göre daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir.

Korkut ve Bektaş (2008), uludağ göknarı ve sarıçam odununun fiziksel özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; her iki ağaç türünde de ısı işleminde uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak tam kuru ve hava kurusu yoğunluğunun azaldığı ve genişleme değerinin de azalması neticesinde ısı işlemin boyutsal stabilite üzerine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Korkut vd. (2008), akçaağaç odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; en fazla azalmanın radyal ve teğet sertlik değerleri ile liflere dik çekme direncinde 180 °C’de 10 saat ısı işlem uygulaması neticesinde elde edildiği ve stabilite gerektiren pencere doğramalarında kullanılacak ağaç malzemenin ısı işleme tabi tutulmasının faydalı olacağı ifade edilmiştir.

Ünsal vd (2003), ısı işlemin okaliptüs odununun renk, fiziksel ve mekanik özelliklerinin üzerine etkilerini incelemişlerdir. Isıl işlem uygulanmış okaliptüs örneklerine şişme, sertlik, fırın kurusu ağırlık ve örneklerin renk değişimi muamele edilmemiş örneklerle karşılaştırılarak test etmişlerdir. Sonuçta ısı işlem ile odun örneklerinin renkleri koyulaşırken, ısı işlem sıcaklığı ve şartları arttırıldıkça şişme, yoğunluk ve sertlikte düşme görüldüğünü belirlemişlerdir.

Ünsal ve Ayrılmış (2005), termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun hava kurusu yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü (ortalama pürüzlük) ve liflere paralel basınç direnci üzerine ısı işlemin etkisini araştırmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü liflere dik yönde yapılmış ve ısı işlem sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça; basınç direnci, yoğunluk ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Özçifçi vd. (2009), sarıçam odununa 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısı işlem uygulamıştır. Yapılan testlerin sonuçları değerlendirildiğinde, ısı işlemin sarıçamın teknolojik özelliklerini değiştirdiği gözlenmiştir. Uygulanan sıcaklık ve sürenin artmasıyla doğru orantılı olarak sarıçamın ağırlık kaybı arttığı ve

renginin koyulaştırdığını belirtmişlerdir. Sıcaklık ve süre arttıkça hacimsel genişlemesi azalmakta ve böylece boyutsal stabilizasyonu iyileştirebilmektedir. Isıl işlem sarıçamın eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalmaya neden olurken basınç direncinde artışa neden olmuştur. Mekanik dirençler arasında ısıl işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiğini belirlemiştir.

Bekhta and Niemz (2003), kayın odununun mekanik özellikleri, renk değişimi ve boyutsal stabilizasyonu üzerine yüksek sıcaklığın etkisi araştırmışlar. Sonuçta mekanik özelliklerde azalmanın gerçekleştiği, odun renginin koyulaştığı ve odunun boyutsal stabilizasyonunun arttığı görülmüştür. Isıl 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 belirlenmiştir.

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

Esteves vd. (2007), sahil çamı ve okaliptüs odun örnekleri hava ortamında buharla birlikte otoklav içerisinde 2-12 saat ve 190-210 °C arasındaki sıcaklıklarda ısıyla muamele edilmiştir. Sonuçta odunun su-alış verişinde önemli iyileşmeler meydana gelmiş, denge rutubet oranı sahil çamda % 46 ve okaliptüste % 61 oranlarında düşmüştür. Boyutsal stabilizasyon yükselmiş ve yüzey ıslanabilirliğinin düştüğü belirlenmiştir. Bunların yanında mekaniksel özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilenmiştir. Ancak, eğilme direncinde ciddi düşüşler olduğu görülmüştür. Okaliptüsün ısıl işleme verdiği tepki iğne yapraklılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tjeerdsma vd. (1998) boyutsal stabiliteyi ve rutubet alışverişini yumuşak termal muamelelerle araştırmışlardır. Boyutsal stabilitedeki gelişim ve odunun rutubet alışverişinin azalmasıyla çapraz bağlanmada artış olduğu görülmüştür.

Millitz (2002), farklı ısı işlem proseslerinin odunun; fiziksel, mekanik, biyolojik performansı ve hücre çeperi polimerlerinin kimyasal dönüşümü incelenmiştir. Odunun direnci, odun türü ve muamele şartlarına bağlı olarak kısmen değişmiştir. Şok direnci deneylerde en çok düşüş gösteren özellik olmuştur.

Repellin and Guyonnet (2005), kayın örnekleri kullanarak yapılan ısı işlemin odunun çalışmasında ve direncinde hemiselüloz yıkılmalarının ve ligninin kimyasal bozunmasından dolayı odunun sorpsiyon davranışında önemli değişmelere neden olduğu belirlenmiştir.

Vital vd. (1983), 100-155°C sıcaklıkta 10–160 saat arasında okalıptüs odunu muamele etmiş ve basınç direncinde artışlar olduğunu gözlemiştir.

Santos (2000), okalıptüs odunu üzerinde % 25'lik su itici etkinlik (ASE) değeri ve 180 °C sıcaklıklarda 3 saat ısı işlemin etkisini araştırmıştır. Isıl işlem uygulamasının odunun direncini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Isıl işlem uygulanmış odunun çekme direnci % 26 oranlarında düşmesine rağmen, elastikiyet modülü değerlerinin normal odununun değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Rousset et al. (2004), 200°C'lik bir ısıl muameleden önce ve sonra kavak odununun higroskopik alanda hava geçirgenliği çalışmış ve souçta radyal yönde önemli bir değişim meydana geldiği tespit etmişler. Isıl işlem hava geçirgenliğine etkisi olmadan kütle kaybının düşmesine katkıda bulunmuştur. Çatlak oluşumunu artırmadan iyi bir kuruma sağlamıştır. Ayrıca ısı işlem süresince hidrofilik bileşenlerin degradasyonundan dolayı hücre duvarında bulunan bağlı suyun hareketini kısıtlamış ve miktarın düşmesine katkısının olduğu ifade edilmiştir.

Sehlstedt-Persson (1995), ladin ve çamda meydana gelen renk değişimleri 60°C ve 90°C sıcaklıklarda 4 saatlik muameleden sonra belirlemiş ve odundaki renk

değişimlerinin odundan sızan ekstraktif maddelerden meydana geldiğini ortaya koymuştur. Çam da diri odunun, ladinin öz odununa göre renk değişimi olma olasılığının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 70°C’de çam diri odunun da hızlı bir renk değişimi görülmüştür. Sonuçta, ısı işlem süresince suyunu kaybeden ekstraktif maddeler ve hemiselülozların hidrolizlerinden dolayı bazı renk değişimleri meydana geldiği belirlenmiştir.

Winandy (1996), Isıl işlem süresince odun türünde meydana gelen direnç özelliklerindeki düşüş, ısı işlem görmüş olan aşhap materyalin; aşhap yapılarda, yük kaldırma özelliği olan yapılarda ve direnç özelliği istenen uygulama yerlerinde kullanılmasını sınırlamaktadır. Fakat uygun ısı işlem metotları kullanılarak odunun direncindeki kayıplar en iyi şekilde engellenebilirse bazı kullanım yerlerinde iyileştirme sağlanabilmektedir.

Younsi vd (2006), yüksek sıcaklıktaki odunun hidrotermal davranışı odunda olduğu gibi serbest su, bağlı su ve su buharını dikkate alınarak analiz etmişlerdir. Bunun için ticari yazılım olan FameLab kullanmışlar. Yapılan matematiksel model tahminleri deney sonuçları ile karşılaştırılmış ve mantıklı bir sonuç elde edilmiş ve ayrıca parametrik çalışma ile ısıtma oranı, başlangıç rutubet içeriği ve ısıtma süresince örneklerdeki sıcaklık ve rutubet içeriğinin dağılımı üzerinde örnek kalınlığının etkisi gibi birçok parametrenin olduğunu belirlemişlerdir.

Weiland and Guyonnet (2003), oduna yumuşak şartlarda ısı işlem uygulamasının makroskopik özelliklerini (boyutsal kararlılık ve mantar degradasyonunda karşı direnç) geliştirdiğini ifade etmişlerdir.

Tjeerdsma and Militz (2005), kayın ve çam odunlarını ısı işleme tabi tutup FT-IR spektroskopunda analiz etmişlerdir. Hemiselülozun asetil gruplarının parçalanması nemli şartlar ve artan sıcaklıklar altında ilk muamele basamağında gerçekleştiği bulmuşlardır. Asetik gruplarının çoğunun yüksek sıcaklıklarda odunun muamelesi boyunca çatladığını tespit etmişler. Buna karşın bölgesel deasetilasyonunun yüksek muamele sıcaklıklarında olduğu bulmuşlardır. Esterleşmenin odununun higroskopluğunda düşüşe katkısının bulunduğu aynı zamanda boyutsal stabilizasyon

ve direnç gelişiminde rol oynadığı elde edilen sonuçlardan belirlenmiştir. Fakat hidrotermal muamele işleminde higroskopluğunun düşüşünde esterleşmenin rolünün, odunun ısı işlemleri boyunca olduğu bilinen çapraz bağlanma reaksiyonlarının etkisiyle karşılaştırıldığında çok önemsiz seviyelerde kaldığını belirlemişlerdir.

Sundqvist vd (2003), 160–200°C sıcaklıkta huş'un ısı işlemleri boyunca asetik, formik asit ve benzil ester oluşumu gaz krom otografisiyle çalışılmıştır. Hidrotermal işlem süresince odun kendiliğinden oluşan formik ve asetik asidin yüksek konsantrasyonda olduğunu bulmuşlardır. Asit konsantrasyonu hem ısı işlem hem de sıcaklık artışıyla yükseldiği ifade edilmiştir. 180°C'de asetik asit ve formik asit oluşumunun maksimum seviyede olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan sıcaklıklarda 4 saat boyunca ısı işleminde kuru odun ağırlığına göre %1,1–7,2 kütle kaybı görülmüştür. Yüksek konsantrasyonda asit bulunan deneylerde aşırı kütle kaybı ve mekanik direnç kaybı görülmüştür. Muamele edilmiş huş odununda direnç kayıplarının ciddi seviyelerde olmaması için muamele sıcaklıkları 180–200°C sıcaklıklar arasında ve kısa zaman periyotlarında olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sehstedt-Persson (1995), Odunun özellikleri üzerinde yüksek sıcaklığın etkisini araştırmak için Sarıçam'dan yapılmış levhalar iki yüksek sıcaklık programında (ht) ve bir tane düşük sıcaklıkta (lt) 33 farklı kombinasyonda kurutulmuştur. Sonuçta su alma testleri, makaslama direnci ve bağıl nem dengesinin önemli oranlarda düştüğü ve bu düşüşte muamele sıcaklıklarının önemli olduğu belirlenmiştir. Su alma ve verme oranları yüksek sıcaklıklarda, düşük sıcaklıklarda yapılan muamelelere göre MC değerinde %3–4 oranının da daha az olduğu ve histerez'in yüksek sıcaklıkta kurutulan örneklerle göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Karbonhidrat analizleri yüksek sıcaklıklarda hemiselülozlarda meydana gelen parçalanmadan dolayı daha düşük su alma özelliği gösterdiğini belirlemişlerdir.

Poncsak vd (2006), huş odununun mekaniksel özelliklerini optimum hale getirmek için termogravimetrik analiz cihazı kullanılarak maksimum ısı işlem sıcaklıkları, ısıtma oranı ve gaz rutubeti sabit tutularak huş'un mekaniksel özellikleri üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda, düşük ısıtma oranlarında örneklerin kütle kaybının düşük olduğu belirlenmiştir. Yüksek ısıtma oranları kullanıldığında

kütle kaybı ciddi olarak artmaktadır. Bu nem içeriği ısıl muamele boyunca hücre duvarı polimerlerinin degradasyonu için olumlu etkisi bulunduğu belirlenmiştir. Sıcaklık zaman ergisi huşta ekzotermik reaksiyonların 150–160°C'nin arasında gerçekleşmeye başladığını göstermiştir. Bu sıcaklıkların altında sadece ekstraktifler ve nemin buharlaştığı belirlenmiştir. Bu ekzotermik reaksiyonlardan dolayı ortamdaki gaz sıcaklıklarının 170°C'yi aştığı belirlenmiştir. Örnekler de ekzotermik reaksiyonlar 170°C sıcaklıklarda başlamasına rağmen ciddi kütle kayıpları ancak 200°C sıcaklıklarda baş göstermeye başlamaktadır. Bu sıcaklıklarda meydana gelen bu kütle kaybı da örneklerin ciddi oranlarda direnç kaybı göstermesine sebebiyet vermektedir. MOR ve ED gibi mekaniksel özellikler özellikle 200°C sıcaklıklar da ciddi oranlarda düşüş göstermektedir. Gaz atmosferi (%0 bağıl Nem) örneklerin eğilme özelliklerini düşüren çatlak oluşumunu artırmaktadır.

Nuopponen (2005), sarıçam FT-IR ve UV-Raman Spektroskopisiyle termal olarak değişimleri incelemektedir. Spektroskopik bilgiler termal olarak muamele görmüş odunun yapısı 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda modifiye olduğunu göstermiştir. Bu modifikasyonlar odun reçine bileşenlerinin parçalanması ya da uzaklaşması kadar hemiselülozun parçalanması, ligninin kondenzasyonu ve depolimerizasyon reaksiyonlarının da olduğu belirtilmiştir. UV RS ve FT-IR verileri, ısıl olarak muamele edilen odun, mantar saldırıları ve zararlılarına karşı direnç artmaktadır. Isıl işlem görmüş odunun yüzeyinde lignin yapısı muamele görmemiş odundan daha az zayıftır. Isıl işlem görmüş odun daha düşük denge rutubeti ve şişmeye sahip olmasından dolayı mantar ve dış ortama karşı direnci artmaktadır.

Obataya vd (2006), Japon sedir ağaçlarının higroskopikliği üzerinde yüksek sıcaklıkta 120°C'de muamelenin etkisi araştırılmış ve ağırlık kaybının 90°C'nin üzerindeki ısıtmalarda meydana geldiği belirlenmiştir. Buharlamanın etkisi aynı ısıtma sıcaklıklarında kuru ısıtmadan daha büyük olduğunu gözlemlemişlerdir. Suda ekstraksiyondan sonra buharlanmış odun da suda çözünen parçalanmış kalıntılardan dolayı kütle kayıplarında artış görülmüştür. Isıtılan odunun kütle kaybının ağırlık kaybının artışıyla düştüğünü ve böyle bir ilişkinin sudaki ekstraksiyondan sonra daha da belirgin hale geldiği belirlenmiştir. Sonuçlar iç bölgelerdeki termal parçalanmanın, dış kısımlardaki parçalanmalardan daha fazla olduğunu göstermiştir.

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

Johansson (2005a), yüksek ve düşük sıcaklıklarda kayın odununda oluşan iç çatlaklar araştırmıştır. Test sonuçlarına göre 50 mm'den kalın örneklerde iç çatlamanın büyük boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yüksek sıcaklıklardaki kurumada meydana gelen kuruma stresinden gerçekleştiği belirlenmiştir.

Jaémsaé vd (2000), çam ve ladin odunundan yapılan levhalar buhar altında 6 saat süreyle 225°C'de muamele edilerek odunun dayanıklılığı ve boyutsal kararlılığı incelenmiştir. Bu paneller daha sonra dış ortamlarda yaygın kullanılan yüzey koruyucularla kaplanmış ve 5 yıl boyunca dış ortam maruz bırakılmıştır. ısıtılma tabii tutulmuş fakat yüzey koruyucuları uygulanmamış panellerin dış ortama gösterdiği direncin düşük olduğu bulunmuş ve bu odunların kahverengimsi bir hal aldıkları belirlenmiştir. Çatlama dirençleri bakımından ısıtılma uygulanmış ahşap materyal ile uygulanmamış arasında ciddi bir fark gözlenemediğini belirlemiştir. ısıtılma işlem görmüş odunun dış ortam direncinin su ya da solvent bazlı boya ile artırılabilmesi belirlenmiştir.

Johansson and Mor'en (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 değerin çok düşük olduğu görülmüştür. Eğilme direnci sonuçlarına göre 200°C de 3 saat süren ısıtılma muamelede direncin maksimum oranda yani %43 düştüğü belirlenmiştir. Örneklerin renk homojenliği ölçüldüğünde ısıtılma

işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığı belirlenmiştir.

Inari vd (2006), kayın odununun 240°C sıcaklıkta ısı ile muamele ettikten sonra odun yapısındaki değişimi XPS cihazıyla belirlemiştir. Sonuçlar kurutma ya da ısıtma işlemi boyunca ahşap materyalin yüzeylerinin güçlü bir şekilde etkilendiğini belirlemişlerdir. Fakat O/C oranı ısıtma işlemi uygulanmamış bir örnekten birkaç mm kalınlığında bir örnek olarak kayının kimyasal bileşimindeki O/C oranının 0,55'den 0,44'lere kadar ciddi bir düşüşün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ısıtma işlemi uygulaması C1 (Sadece Karbon ya da hidrojen atomlarına bağlı karbon atomları) karbon dağılımına bağlantılı olarak C2 (Tek Karbonil olmayan oksijene bağlı karbon atomu) karbon dağılımında bir artışa sebep olmuştur.

Hillis (2004), ısıtma işlemi süresince meydana gelen farklı oluşumların odunun temel özellikleri üzerine selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarlarındaki değişim ve farklılıklar, farklı şartlar altında oluşan degradasyon ürünleri araştırılmıştır. Doğal hemiselülozlardaki değişimlerin, farklılaşan odun yapısında önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Isıtma işlemi sonucunda kerestelerin öz odunun hacimlerinin, nem yüzdesi ve diğer özelliklerinin değiştiği belirlenmiştir.

Garcia et al (2006), MDF panelleri muamele edilmemiş liflerden ve muamele edilmişlerden 2 farklı sıcaklıklarda (150 ve 180°C) 15, 30 ve 60 dk üretilmişler. Isıtma işlemi görmüş liflerden yapılmış olan levhaların su absorpsiyonundan sonra kalınlıkça şişme ve su alma özelliklerinde önemli ölçüde düşme gözlenmiştir. Su alma ve kuruma döngüsünün tekrarlanmasından sonra kalınlıkça şişme artmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda, ısıtma işlemi takiben panellerin uç bağlanma direnci, elastikiyet modülü ve kopma modülünün de önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Follrich et al (2006), ısıtma işleminin yapışmayı nasıl etkilediğini belirlemek için ladin odunu panelleri ile PE yapıştırıcılar kullanılarak yapışma direnci ve ısıtma işleminin yapışma direncine etkisi belirlenmeye çalışılmışlardır. Örnekler hazırlandıktan sonra yapılan testlerde ısıtma işlemi sonucunda yüzeyde ki bağlanmayı sağlayan fonksiyonel grupların kopması ve bu yüzden kontak açısının arttığı belirlenmiştir. Bu sayede PE

ve odun yüzeyi arasındaki bağlanma gücü ısı işlem görmemiş ashap materyale göre çok daha fazla olduğu yapılan mekanik testler sonucunda belirlenmiştir.

Edlundl and Jermer (2004), ladin ve sarıçam odunlarını 220°C sıcaklıklarda 4 saat boyunca termal olarak muamele etmiş ve 2 yıl süreyle örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişiminin görülmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca sonuçlara göre ashap materyalin ıslanabilirliğinin arttığını ve renk değişimi yapan mantarlardan daha az etkilendiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca termal olarak modifiye edilen odunlar bakır içerikli koruyucularla muamele edilmiş olan örneklere göre dahi iyi bir performans gösterdiği görülmüştür.

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 ettikten sonra odunun su-alış verisinde önemli iyileşmeler meydana geldiği, denge rutubet oranı çamda %46 ve ekaliptus %61 oranlarında düştüğü, boyutsal stabilizasyon iyileştiği ve yüzey ıslanabilirliğinin düştüğü belirlenmiştir. Bunların yanında mekaniksel özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilendiği tespit edilmiştir (Çamda %5, ekaliptusda %15 oranında düşmüştür). Fakat eğilme direncinde ciddi düşüşler gerçekleştiği görülmüştür (Çam için kütle kaybı %8'den %40'a kadar ve ekaliptus odunu için %9'lardan %50'lere kadar yükselmektedir). Ekaliptusun ısı muameleye verdiği tepki iğne yapraklılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Chow and Pickles (2003), bazı odun türlerinin termal olarak yumuşatılması ve degradasyonu dakikada 16°C artış gösteren bir termogravimetrik analizler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Odunda 320°C'de başlayan yumuşama, kabukta 280°C'de başlayarak 380°C gibi sıcaklıklarda maksimum oranlara ulaşmaktadır. Nem oranı arttıkça yumuşama sıcaklığının düştüğü görülmüştür. Her materyalin nem içeriği %10 daha yüksek olduğunda 160°C sıcaklıklarda başlayan yumuşama oranları 280°C, 320°C ve 380°C maksimum olmaktadır. Odun ve kabuğun 160°C'deki yumuşamasının başlamaması %30'luk sınırlarda artan nem oranı ile yükseldiği görülmüştür. 200°C'nin altında su varlığında odun ve kabuğun yumuşaması bir

plastikleştirici gibi hizmet veren su varlığında sadece amorf bölgelerde olduğu belirlenmiştir.

Boonstra et al (2006), odunun yüksek sıcaklıklarda (150–280°C’lik bir bölgede) muamele edildikten sonra basidiomycetes, küflenme ve beyaz çürüklük mantarlarına karşı direnci araştırılmıştır. Radiata çamının ısıtma işlemi muamelesi *Coniophora puteana* ve *Poria placenta* gibi kahverengi çürüklüğe karşı dirençlerinde net bir gelişme olduğunu göstermiştir. Proses sıcaklığı ya da zamanının artması *C. Puteana* saldırılarına ve beyaz çürüklük mantarları *Coridus versicolor*’a karşı hayli sınırlı bir direnç göstermiştir. Muamele edilmiş sarıçam öz odunu ve huş odunu *C. Puteana*, *P. Placenta* ve beyaz çürüklük mantarı *C.versicolona* karşı yüksek bir direnç gösterdikleri belirlenmiştir. Isıtma muamele süresince *C. Puteana* saldırılarına karşı direncin arttığı görülmüştür. Dirençteki olumlu gelişme özellikle beyaz çürüklük mantarı *C. versicolor* ve *stereum hirsutum*a karşı direnç gözlenmiştir. Proses sıcaklığı ya da proses zamanının artması *C. versicolor* saldırılarına karşı direnç artışları sınırlı olmaktadır. Isıtma işlemi görmüş Sarı Çam ve Doğu Ladinin muamelesi boyunca hemiselüloz parçalanmasından dolayı yüzeylerde oluşabilecek mantar oluşumlarına hala şüpheyle bakılmaktadır. Çünkü Isıtma işlemi görmüş odun örneklerinin üzerinde mavi renklenme oluşumu gözlenmiştir.

Ayadi et al (2003), ısıtma işlemi uygulanmış odun örneklerinin renk kararlığı nitrojen ortamında 2 saat süreyle 240°C’de sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulanmış ve ladin, maritima çamı ve kavak öz odunu ısıtma muameleden sonra 835 saat boyunca UV ışınlarına (UVA–340 floresan lambalı QUV ekipmanı) maruz bırakılmıştır. Sonuçta ısıtma işlemi görmüş odunun, ısıtma işlemi uygulanmamış oduna göre daha iyi olduğunu görülmüştür. Isıtma işlemi süresince lignininde meydana gelen değişimlerden dolayı, serbest radikal ve oksijenin sebebiyet verdiği degradasyonun sınırlı seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden ısıtma işlemi görmüş odun açık hava şartlarına normal odundan daha iyi direnç gösterdiği ifade edilmiştir.

2.8.2. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Sığırlı (2006), yapay sinir ağı modellerinin açıklanması, diskriminant analizi yöntemi ile bazı yapay sinir ağı modelleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve bir uygulama üzerinde yapay sinir ağı modelleri ile diskriminant analizi yönteminin doğru sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması amaçlamıştır. Uludağ üniversitesi tıp fakültesi uygulama ve araştırma hastanesi gastroenteroloji servisine başvuran ve yapılan tetkik-incelemeler ile kronik karaciğer parenkim hastalığı düşünülerek karaciğer biyopsisi uygulanması sonucunda Hepatit B ve C virüslerine bağlı kronik hepatit veya siroz tanısı alan hastalara ilişkin geriye dönük olarak toplanmış olan veri setine diskriminant analizi ve yapay sinir ağları uygulamıştır. Yapılan analizler sonucunda, diskriminant analizi için elde edilen modelin genel doğruluk yüzdesi % 93,94 olarak, yapay sinir ağları tekniği için ise % 100 olarak hesaplanmış çalışmaya alınan veri seti için yapay sinir ağlarının diskriminant analizine göre daha yüksek doğru sınıflandırma oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

Şahin (2003), yapay sinir ağları temelli doğrusal olmayan öngörülü kontrol yapısını geliştirmiş ve dinamik sistemlerin giriş-çıkış ilişkisini tanımlama modeli kullanılarak göstermiştir.

Durmaz (2006), yapay sinir ağlarının temel özellikleri araştırarak ALEPH deneyinden alınan yüksek enerjili parçacık verileri içerisindeki π^0 sinyallerinin, dedektör ve diğer parçacıklardan kaynaklanan arka plandaki gürültü sinyalleri arasından seçilmesinde kullanmıştır. Yapay sinir ağları, standart metod ve PDE metodu ile karşılaştırılıp başarılı olduğunu gözlemiştir.

Güler (1996), ileri besleme yapay sinir ağlarının, ağırlık hatası karşısındaki duyarlılıkları analiz etmiştir.

Neşeli, Taşdemir ve Yıldız (2009), tornada takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmişler ve universal torna tezgâhında değişik yaklaşma açıları ve talaş açıları ile kuru kesme şartlarında, AISI 1040 çeliği üzerinden 0.5 mm derinliğinde talaş kaldırılarak 27 numune işlenmiş bu işlemde sonra yüzey

pürüzlülük değerleri MAHR M1 Perthometer ile ölçülmüşler. Yapılan deneylerde elde edilen veriler bir yapay sinir ağının eğitiminde kullanıp, YSA modellemesinde giriş parametreleri; uç radyüsü (r) yaklaşma açısı (K) talaş açısı (γ) ve çıkış parametresi; yüzey pürüzlülüğü (R_a) olarak belirlenmiş ve bu modelleme ile yüzey pürüzlülük değerleri tahmin ettirmişlerdir. Deneysel sonuçlarla YSA sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırılıp, tasarlanan modelin başarılı bir şekilde uygulandığı ve deney sonuçlarına yakın sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Bulucu ve Kavas (2004), Yıldız teknik üniversitesi beşiktaş kampusu t-blok zemin katında çalışmakta olan kablosuz alan ağı haberleşme sistemine ilişkin propagasyon yol kayıp hesaplarının Yapay Sinir Ağları kullanılarak MATLAB bilgisayar programı ile modellenmesi gerçekleştirmişler ve modellemeden önce sistemin çalıştığı frekans bandını tanımlanıp radyo propagasyonuna ilişkin büyük-ölçekli yol kayıp hesaplamaları ve propagasyonu etkileyen etmenler incelemişlerdir.

Benli (2005), bankaların mali başarısızlıklarının öngörülmesine yönelik istatistiksel tekniklerden biri olan lojistik regresyon ve yapay sinir ağı modeline dayanan mali başarısızlık öngörü modelleri geliştirmiş, çalışma sonucunda yapay sinir ağı modelinin mali başarısızlığı öngörme gücünün lojistik regresyon modelinden daha üstün olduğu tespit etmiştir.

Emel ve Taşkın (2002), yapmış oldukları çalışmada genetik algoritmayı ve uygulama alanlarını incelemişlerdir. Çalışmada ilk olarak genetik algoritma kavramı ve temel teoremi hakkında bilgi verilmiş daha sonra, basit genetik algoritmanın çalışma adımları ve parametre seçimi incelenmiş ve fonksiyon optimizasyonu için bir çözüm örneği vermişlerdir. Genetik algoritmaların çeşitli alanlardaki uygulamaları için literatür araştırması yapmışlardır, yaygın olarak uygulandığı görülen alanlar, genel ve işletme alanları olmak üzere iki temel gruba ayrılarak incelenmişler ve ayrıca, araştırmacılara ışık tutmak amacıyla, gelecekte daha yaygın olarak uygulanabileceği işletme alanları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kahvecioğlu ve Kıyak (2003), bulanık mantığın uçağın iniş kontrol probleminin çözümünde uygulamış ve bulanık mantıkla hesaplanan kontrol kuvvetlerinin, problemi çözme açısından uygun hesaplamalar olduğu sonucuna varmışlardır.

Yılmaz ve Arslan (2005), mamdani ve sugeno isimli bulanık mantık yöntemleri üzerine çalışma yapmış ve çalışmada bu iki bulanık mantık yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları bir uygulama ile göstermişlerdir.

Genç (2006), modelleme tekniklerinin incelenmesi için ethanolün *Saccharomyces Cerevisiae* ve *Zymomonas mobilis* organizmaları ile glukonik asidin *Pseudomonas ovalis* organizması ile fermentasyonunu içeren prosesleri seçmişler. Seçilen bu proseslerin model denklemleri literatürden elde edilmiş ve bu denklemlerin nümerik özümleri Matlab'ın ODE fonksiyonu kullanılarak hesaplamışlardır. Nümerik sonuçların bir kısmı yapay sinir ağlarının öğrenme kısmında kullanmışlardır. Hibrit modelleme tekniğinde, literatürden elde edilen model denklemler lineer hale getirilmiş ve hibrit modeli oluşturmak için bu lineer denklemlerin çözümleri nümerik sonuçlardan çıkarmışlardır. Elde edilen bu sonuçlar sistemin lineer olmayan kısmı olarak ele alınmış ve bu kısım yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Sinir ağları kullanılarak elde edilen bu sonuçlar, lineer sonuçlarla birleştirilmiş ve prosesin hibrit modeli elde edilmiştir.

Keleşoğlu ve Fırat (2006), tuğla duvardaki ve tesisat borusundaki ısı kaybını yapay sinir ağları kullanılarak tespit etmişler. Sayısal uygulamalarda tuğla duvarın ve borunun yalıtımlı ve yalıtımsız durumları göz önüne bulundurarak geliştirilen ağ yapısı olarak geri yayılımlı yapay sinir ağı tercih edilmiş ve veriler normalize edilerek ağa sunulmuştur. Ağdan elde edilen ıkışlar sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu belirlemişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

Çalışmada, kullanılan deney örnekleri Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa Mill.*) odunlarından hazırlanmıştır.

3.1.1. Sarı Çam (*Pinus sylvestris L.*) Hakkında Genel Bilgiler

3.1.1.1. Türkiye'deki Yayılışı

Türkiye'de kıymetli bir orman ağacı olan sarıçam, saf mescere ve ormanlar halinde bulunduğu gibi, yer yer kayın, ladin, göknar, karacam, meşe v.b ağaç türleri ile karışık olarak da görülmektedir. Özellikle Kastamonu dolaylarında Elek Dağı'nda, Bolu dolaylarında Köroğlu ve Ilgaz Dağları'nda, Eskişehir'de Çatacık'da, Oltu, Gole ve Sarıkamış'ta, Dumanlı ve Köse Dağları'nda gayet güzel ormanlar oluşturmaktadır (Kayacık 1980).

3.1.1.2. Morfolojik Özellikleri

Yetiştirme yerine göre 20–40 m'ye kadar boylanan, narin ve silindirik gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı, ya da dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Bazen de fakir topraklarda kayalıklar üzerinde ve arktik rejyonlarda çalı halinde ve bodur vaziyette bulunmaktadır. Genç gövdelerde, yaşlı ağaçların yukarı kısımlarında ve kalın dallarda “tilki sarısı” rengindeki kabuk, ince levhalar halinde ayrılmaktadır. Yaşlı gövdeler ise gri kahverengi, kalın ve çatlaktır (Yaltırık ve Efe 2000).

Genç sürgünler yeşilimsi, ikinci yıldan itibaren gri-kahverengindedir. 6–12 mm uzunluğundaki yumurtamsı-konik tomurcuklar kestane kırmızısı renkte olup genellikle reçinesizdir. Fakat kurak yetiştirme yerlerinde, tom urcuğun korunması için üzeri reçine ile örtülmüştür. Yetiştirme yerine göre boyları 3–8 cm arasında değişen iğne yaprakları mavi-yeşil renktedir. Bunların uçları sivri-batıcı, kenarları ince dişli ve dikkat çekecek derecede kıvrıktır. Dişi kozalak saplı ve aşağıya sarkıktır. 2,5–7 cm uzunluğundaki olgun kozalak asimetrik olup ışık gören tarafı daha fazla gelişmiş ve çarpıktır (Yaltırık ve Efe 2000).

3.1.1.3. Anatomik Özellikler

Sarıçamın yıllık halka sınırları belirgin olup, yaz odunu traheidleri radyal yönde çok yassılaştırmış, kalın çeperli ve dar lümenlidir. İlbahar odunu traheidleri geniş lümenli ve ince çeperlidir. Traheidlerin teğet çapı 10–50 μ 'dur. İlbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır. İlbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır. Öz ışınları tek sıralıdır. Reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2–5 sıralıdır. Öz ışınları çoğunlukla 1–12 bazen de 15'den daha fazla hücrelidir. Öz ışını traheidleri her iki tarafta 1–3 sıralı, bazen ise öz ışını içerisinde bulunmaktadır. Bunların çeperleri kaba dilsidir. Öz ışını paranzim hücrelerinin çeperleri ince olup enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır. Karşılaşma yeri geçitleri 1–2 adet pencere tipindedir. Boyuna paranzim hücreleri bulunmamaktadır. Boyuna reçine kanalları çoğunlukla tek tek ve genellikle yaz odunu içerisinde bulunmaktadır (Bozkurt 1992).

3.1.1.4. Kimyasal Özellikler

Sarıçam odunu % 74,3 holoselüloz, % 52,2 selüloz, % 26,3 lignin ve % 8,2 pentozan ihtiva etmektedir (Fengel and Wegener 1984). Ayrıca alkol-benzen çözünürlüğü % 3,7, % 1'lik NaOH çözünürlüğü % 19,4, sıcak su çözünürlüğü % 4,3 ve soğuk su çözünürlüğü de % 2,8 dir (Serin vd, 2003). Sarıçamın selüloz oranını öz odunda % 52,8, diri odunda % 56,5, α -selüloz oranını öz odunda % 45,2, diri odunda % 50 ve lignin oranını öz odunda % 26,6, diri odunda % 28,3 olarak bulmuşlardır. Ayrıca soğuk su, sıcak su, alkol-benzen ve % 1'lik NaOH çözünürlüğü değerlerini sırasıyla

öz odun ve diri odun için % 2,8–2, % 4,4–3,2, % 4,7–2,5 ve % 13,2–19,4 olarak tespit etmişlerdir (Hafizoğlu ve Usta 2005).

3.1.2. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Hakkında Genel Bilgiler

3.1.2.1. Türkiye'deki Yayılışı

Kestane, Anadolu'da Doğu Karadeniz'den başlayarak, tüm Karadeniz Bölgesi boyunca yayılmakta, Marmara çevresi ve Batı Anadolu'dan Antalya kıyılarına kadar ulaşmaktadır. Doğu Karadeniz'de 700–800 m'ye kadar Gürgen, Kızılağaç vb. yapraklı ağaçlarla karışık, bazen de geniş alanlarda saf kestane toplulukları halinde bulunmaktadır. Kayınla karışık olarak 1200 m'ye kadar çıkar ve asli ağaçlar içinde yer alır. Doğu'dan Batı'ya gidildikçe kestane'ye daha küçük mescereler ve gruplar halinde rastlanır. Bartın, Karadeniz Ereğlisi, Akçakoca-Karasu dolaylarında ise geniş yayılış gösterir. Sinop ve Kastamonu'nun kıyı yörelerinde de dikkate değer geniş kestane alanlarının bulunduğu görülmüştür. Marmara çevresinin Anadolu bölümünde 400–500 m'ye çıkan makilerden sonra, 1000- 1200 m'ye kadar yükselen yapraklı ağaçlarla karışık olarak bulunur ve yeri meşe ve kayından sonra gelir. Bölgede özellikle Bursa ve İnegöl'ün kestanelikleri dikkat çeker. Kestane, Batı Anadolu'da kuzeyden güneye doğru yayıldıkça alt sınırı yükselmektedir. Ege'de Ödemiş'in Bozdağ ve Gölcük taraflarında 1000–1200 m yükseklikte kestaneler görülür (Soylu 1984).

3.1.2.2. Morfolojik Özellikler

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) genellikle 20–25 m, bazen 30 m boylara ulaşan kalın ve düzgün gövdeli, geniş ve dağınık tepeli bir ağaçtır. Boy büyümesi önceleri yavaş olmasına karşın, 10 yaşından sonra hızlanır, 40–50 yaşından sonra tekrar yavaşlar. Fakat çap artışı uzun süre devam eder ve birkaç metreye ulaşabilir. Fazla dallı ve sık yapraklı ağaçlardır. Genç dallarının kabuğu yumuşak ve gri renkte, yaşlı kabuk ise daha koyu renkte ve çatlaktır. Odunu serttir. Kökleri kuvvetli kazık kok şeklindedir. Bu ağaç türünün ömrü uzundur, 800–1000 yıl veya daha fazla yaşaya bilirler. Sürgün verme yetenekleri yüksektir. Genç sürgünleri yeşilimsi-gri ve

hafif tüylü, daha sonra kırmızımsı kahverenginde olurlar, çıplaktırlar. Tomurcuklar dıştan 2 veya 3 pulla örtülmüştür, kızı kestane renginde, elips biçimindedirler ve uç kısımları hafif tüylüdür (Genç vd. 2001). Yaprakları sapsizdir, geniş mızrak şeklinde ve ya dar eliptik biçimde ve sivri uçludurlar. Yapraklar genellikle 12-20 cm uzunlukta ve 3-6 cm genişliktedir. Kenarları basit dilsidir, dişler kılçıksız, sivri uçlu, yukarıya doğru kıvrıktır, yan damarlar dişlerle son bulur. Yaprakların üst yüzü parlak yeşil ve tüysüz, alt yüzü ise beyaz keçe gibi tüylü ve ya hafif tüylüdür. Çiçekleri parlak, kokulu ve iki evciklidir. Erkek çiçekleri tırtılsı başak şeklinde dik, 10 cm Uzunluğunda ve 5-6 bölmelidir, dişi çiçekler ise kadehçik şeklinde tek olarak ya da 2-7 tanesi bir arada, erkek başağın altında bulunur. Meyvesi bir tohumlu, parlak, üstten basık yarım küre biçiminde ve kızıl-kahve renktedir. Meyve dikenli bir kadehçik içinde bir taneden üç taneye kadar bulunabilir. Tohum olgunluğu ekim ayında olur (Yaltırık 1981).

3.1.2.3. Anatomik Özellikler

Castanea sativa Mill. türü ağaçlar, oldukça sert, orta ağırlıkta, mat ve dekoratif bir oduna sahiptirler. Diri odun çok dardır. Gri ve ya kahverengimsi beyaz renkte olabilir. Öz odunu ise, taze haldeyken gri-sarı ve ya soluk kahverenginde olmasına rağmen kesimden sonra rengi koyulaşır. Bu tür, halkalı büyük traheli olduğu için, yıllık halkaları oldukça belirgindir. İlkbahar odunu traheleri büyüktür ve enine kesitleri ovaldir. İlkbahar odunu trahelerinin radyal çapları 500 µ, teğet çapları 300 µ kadardır ve çoğunlukla tek tek, ikisi bir arada ve 2-6 sıra teşkil ederler. Yaz odunu traheleri küçüktür ve genellikle radyal ve ya diyagonal sıralıdır. Yaz odunu traheleri 30-40 µ teğet çaptadırlar ve dar radyal ve ya eğik, bazen de çatallı sıralar meydana getirirler. Esas odun dokusunu libriform lifleri ve lif traheidleri teşkil etmektedir. Boyuna paranzimler az sayıda bulunur. Öz ışınları tek sıralıdır, çok incedir, belirgin değildir ve çoğunlukla 5-30 hücre yüksekliğinde, homoselüler yapıdadır (Bozkurt ve Erdin, 1989).

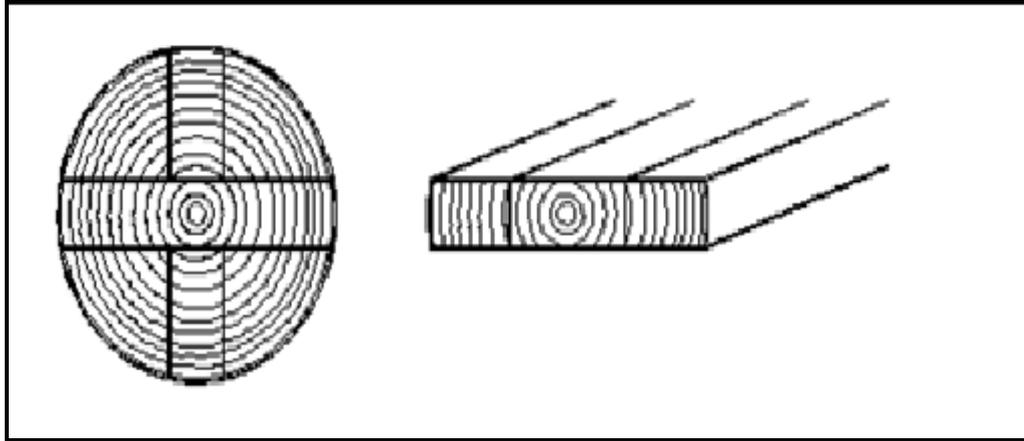
3.1.2.4. Kimyasal Özellikler

Holoselüloz oranı %68, selüloz oranı %53,3, lignin oranı %25,2, soğuk su çözünürlüğü %15,5 sıcak su çözünürlüğü %17,8, alkol çözünürlüğü %19,8 ve %1'lik NaOH çözünürlüğü %32,9 olarak bulunmuştur (Akgün 2005). Hafizoğlu'nun (1982) yaptığı bir çalışmada ise selüloz miktarını % 41,8, lignin miktarını % 34,6, pentozanların miktarını % 19,6 olarak belirtilmiştir.

3.2. METOD

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Isıl İşlem Uygulanması

Deney örneklerinin boyutlandırma işlemi TS 2470 esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılacak örnekler, iklimlendirme dolabına konularak 20°C sıcaklık ve % 65 bağıl nem altında %12 denge rutubetine gelmesi sağlanmıştır. Odunun kendi bünyesinden kaynaklanan farklılıkları en aza indirmek için deney ve kontrol örneklerinin gövde eksenine boyunca birbirini izleyen ve aynı yıllık halkaları içeren kısımlardan elde edilmesine özellikle dikkat edilmiştir. Şekil 3.1'de tomruktan test örneklerinin alınış şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Test örneklerinin elde edildiği taslakların tomruktan alınışı.

Isıl işlem uygulaması her iki ağaç türü için altı ayrı sıcaklık ve dört ayrı süre kombinasyonu ile toplam 24 varyasyonda yapılmıştır. Deney örneklerine ısıl işlem uygulamasının yapıldığı etüv Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Etüv.

Isıl işlem sonunda etüvden çıkarılan örneklerin ağırlık ve boyutları ölçüldükten sonra, birkaç hafta süre ile rutubetlerinin dengelenmesi için beklenmiş ve tekrar $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde tutularak ısıl işlem sonrası tam kuru ağırlıkları ve boyutları tespit edilmiştir. Örnekler daha sonra % 12 rutubete getirilmek üzere iklimlendirme kabineine yerleştirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 3.3. İklimlendirme dolabı.

3.2.2. Deneysel Çalışmalar

3.2.2.1. Denge Rutubet Miktarı (DRM)

Örneklerin denge rutubet miktarının (DRM) belirlenmesi için; 20x20x30 mm boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Her bir ağaç türü, sıcaklık, süre için 10'ar adet olmak üzere (2x7x5x10) toplam 700 adet deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler % 20±2°C sıcaklık ve % 65±3 bağıl nem şartlarında bekletilerek ağırlıkları belirli aralıklarla ölçülmüş ve değişmez ağırlığa gelince ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra deney örnekleri 103±2°C de tam kuru hale gelinceye kadar kurutuldu ve DRM değerleri TS 2471 (2005)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır

$$DRM = \frac{A_r - A_o}{A_o} \times 100 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

DRM : (%)

A_r : (%) 65 bağıl nem ve 20 °C de ortamda ulaşılan değişmeyen rutubetli ağırlık,

A_o : Tam kuru ağırlık

3.2.2.2. Ağırlık Kaybı

Farklı ısı işlem sıcaklıklarındaki ağırlık kaybının belirlenmesi için; 20x20x30 mm boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Her bir ağaç türü, sıcaklık, süre için 10'ar adet olmak üzere (2x7x5x10) toplam 700 adet deney örneği hazırlanmıştır. Ağırlıkların belirlenmesi için TS 2472 (2005) esaslarına uyulmuştur. Tam kuru ağırlık (M_0) tayini için, örnekler etüv'de 103 ± 2 °C sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak ± 0.001 g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Tartılan örnekler çalışmada belirlenen koşullara göre ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası örnekler yine etüv'de 103 ± 2 °C sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak ± 0.001 g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Kaydedilen sonuçlara göre ağırlık kayıpları %'de olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$A_k = \frac{M_0 - M_{is}}{M_{is}} \times 100 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

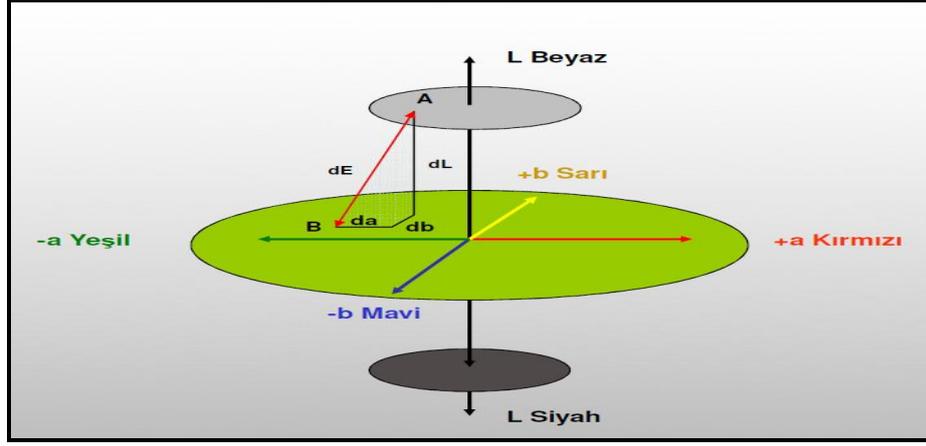
A_k : Ağırlık kaybı (%)

M_0 : Tam kuru ağırlık

M_{is} : Isıl işlem sonrası ağırlık

3.2.2.3. Renk Değişimi

Renk ölçümleri önceden kalibre edilebilen renk ölçme aleti ile ISO 7724–2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Renk ölçümleri örneklerin teğet ve radyal yüzey için ayrı olarak ölçülmüştür. Buna göre ağaç türü, ısı işlem sıcaklık ve süresi, yön olmak üzere her birinden 10'ar adet (2x7x5x2x10) olmak üzere toplam 1400 adet örnek hazırlanmıştır. Şekil 3.4'de renk ölçme aletinin renk değişimini ölçme prensibi görülmektedir.



Şekil 3.4. Üç boyutlu CIE L*a*b* renk bölgeleri.

L* koordinatı ışık açısını, a* kırmızı, b* ise sarı koordinatlarıdır. CIE L*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), 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 eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

ΔE^*_{ab} : Toplam renk değişimini

ΔL : Siyah-beyaz renk değişimini

Δa : Kırmızı-yeşil renk değişimini

Δb : Sarı-mavi renk değişimini

ifade etmektedir.

3.2.2.4. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneylerinde TS 2474 (2005) esaslarına uyulmuştur. Eğilme direnci denemeleri için 20x20x300 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Her bir odun türü ve ısıl işlem koşulları için 15'er adet olmak üzere (2x7x5x15) toplam 1050 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler yapılmadan önce örnekler hava kurusu hale getirilip ve ± 0.001 mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla genişliği ve kalınlığı ölçülmüştür. Daha sonra üniversal test makinesinin yükleme mekanizmasının hızı, kırılmanın yükleme anından itibaren 60–90 saniye içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Üniversal test makinesine, dayanak noktaları açıklığı 240 mm olacak şekilde yerleştirilen örneklere, yıllık halkalara teğet yönde ve dayanak açıklığının orta kısmından kırılma işlemi gerçekleşinceye kadar yük uygulanmıştır. Eğilme direncinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

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

Bu eşitlikte;

- σ_e : Eğilme direnci (N/mm²)
- F : Kırılma anında ölçülen maksimum kuvvet (N)
- l_s : Dayanaklar arası açıklık (mm)
- b : Örnek genişliği (mm)
- h : Örnek yüksekliği (mm) değerlerini ifade etmektedir.

3.2.2.5. Eğilmede Elastikiyet Modülü

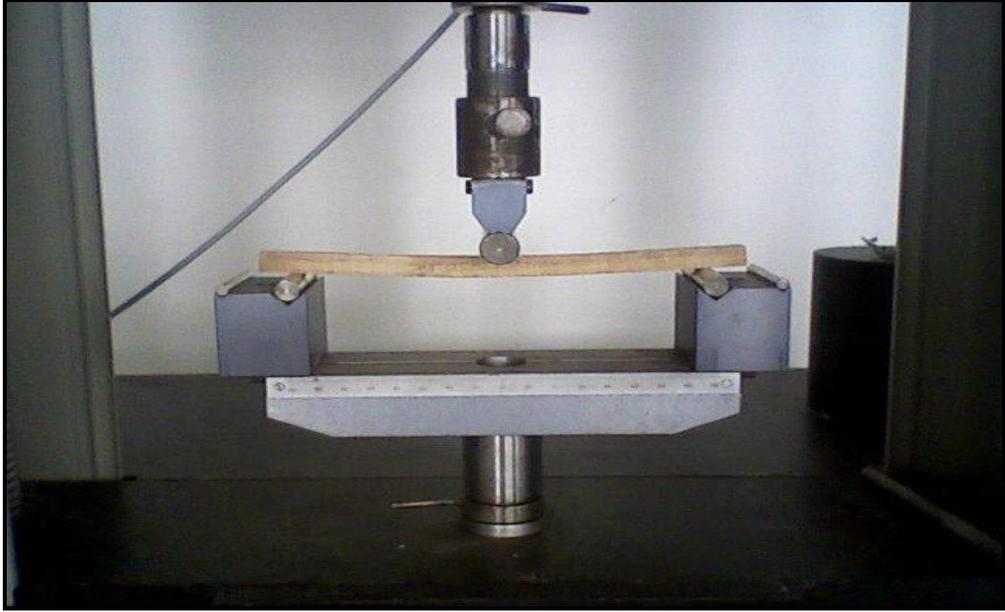
Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde eğilme direnci deney örneklerinden yararlanılmış ve deneyler TS 2478 (2005) esaslarına göre yürütülmüştür. Eğilmede elastikiyet modülü aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

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

Bu eşitlikte;

- E : Elastikiyet modülü (kp/cm²)
F : Elastiki bölgedeki kuvvet (kp)
L_s : Dayanak açıklığı (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 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5. Üniversal test cihazında eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi.

3.2.2.6. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci TS 2595 (2005) esaslarına göre tespit edilmiştir. Her bir odun türü ve deney koşulları için 15'er adet olmak üzere (2x7x4×15) 1050 adet

deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri klima odasından çıkarıldıktan sonra, ± 0.001 mm hassaslıkla ölçüm yapabilen kumpasla en kesit boyutları ölçülmüş daha sonra lif yönü kuvvet yönüne paralel gelecek şekilde (Şekil 2.5’de) üniversal test makinesine yerleştirilmiştir. Üniversal test mekanizması, ezilmenin yükleme anından itibaren 1-1,5 dakika içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde çalıştırılmıştır. Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı ölçülüp, basınç dirençleri (σ_b); aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

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

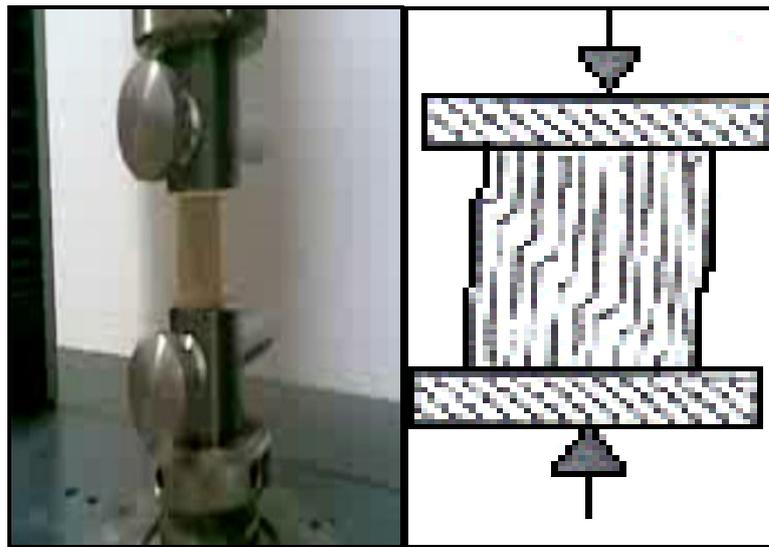
Bu eşitlikte;

σ_b : Deney anında ölçülen kuvvet değeri (N)

F: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A: Örneğin enine kesit alanı (mm^2) değerlerini ifade etmektedir.

Üniversal test makinesinde liflere paralel basınç direnci deney örneği Şekil 3.6’de görülmektedir.



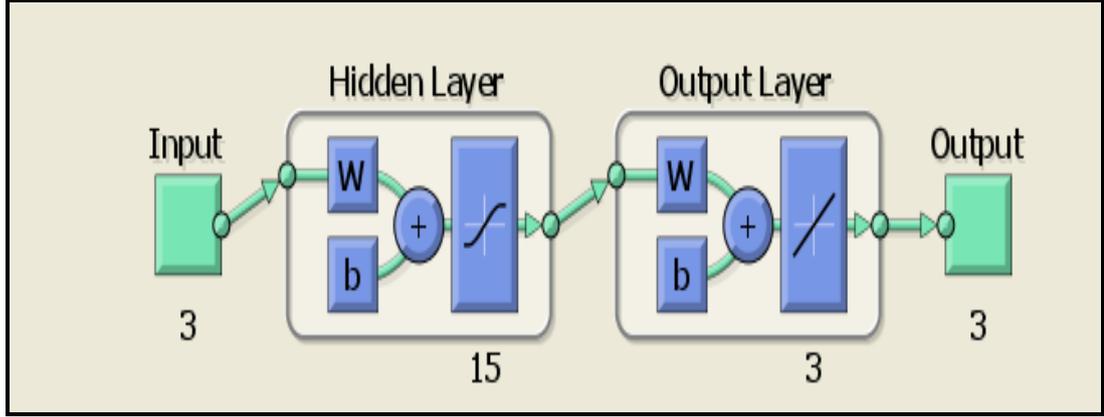
Şekil 3.6. Liflere paralel basınç direnci deneyi.

3.2.3. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için çoklu varyans analizine başvurulmuş ve anlamlı bulunan faktörler üzerinde, farklılığın derecesini belirleyebilmek için Duncan testide yapılmıştır.

3.2.4. Yapay Sinir Ağlarının Modellenmesi

Yapay sinir ağlarının oluşturulmasında giriş değişkeni olarak ısıl işlemin uygulandığı sıcaklık değerleri (0-130-145-160-175-190-205 °C), bekleme süreleri (0-3-6-9-12 saat) ve kullanılan ağaç malzeme türü (sarıçam-1 ve kestane-2) kullanılmıştır. ıkış değerleri olarak ise sadece mekanik özelliklerden her bir tür içinde eğilme direnci (ED), eğilmede elastikiyet modülü (EMO) ve liflere paralel basınç direnci (BD) değerleri kullanılmıştır. Isıl işlem koşullarının etkisini incelemek amacıyla deney verilerin 37 tanesi referans verisi olarak eğitim için, 5 tanesi doğrulama verisi olarak, 8 tanesi test verisi kullanılmıştır. Problemlerin çözümünde ileri beslemeli ve geri yayımlı (Feed Forward and Back Propagation) ok katmanlı (multilayer) Yapay sinir ağı (ANN) tercih edilmiş, ağların eğitimi ve denenmesi Matlab paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, aktivasyon (activation) fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (hyperbolic tangent sigmoid function-tansig) ile doğrusal transfer fonksiyonu (linear transfer function) (purelin), eğitim algoritması olarak ta levenberg marquardt algoritması (trainlm) seçilmiş, öğrenme kuralı olarak momentumlu gradyan azaltım geri yayılım algoritması (gradient descent with momentum backpropagation algoritm) (traingdm), performans fonksiyonu olarak da ortalama karesel hata (mean square error) (MSE) kullanılmıştır. Şekil 3.7'de sırasıyla giriş ve çıkış değerleri, 1 giriş katmanı, 2 gizli katman ve 1 çıkış katmanından oluşan YSA modelleri görölmektedir. Her bir katmanda da sırası ile 3, 15, 3 adet nöron kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü için tahmin modeli olarak seçilen YSA mimarisi.

Her bir parametrenin modellere eşit bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamak amacıyla eğitim, doğrulama ve test setindeki veriler, modellerde hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (hyperbolic tangent sigmoid function) kullanıldığından, (-1,1) aralığında normalize edilerek ağa sunulmuş, daha sonra sonuçların yorumlanabilmesi için veriler ters normalize işlemine tabi tutulmak suretiyle orijinal değerlerine çevrilmiştir. Normalizasyon (ölçeklendirme) işlemleri, (2.7) numaralı eşitlik yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Eşitlikte X_{norm} , normalize edilmiş veriyi; X , değişkenin gerçek değerini; X_{min} , veri grubunun minimum değerini; X_{max} , ise veri grubunun maksimum değerini ifade etmektedir.

$$X_{norm} = 2 \times \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} - 1 \quad (3.7)$$

Yapay sinir ağının eğitimi için 10^{-5} hedeflenen hata değerinin yeterli olacağı varsayılmıştır. Eğitim esnasında veri setlerinin ortalama karesel hataları takip edilerek, eğitim ve doğrulama verilerinin hata miktarlarının farklılaşma eğilimi gösterdiği ve genellemenin bozulduğu deneme (epoch) sonunda eğitim durdurularak elde edilen ağ parametreleri ile liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişim modellenmiştir.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. DENGE RUTUBET MİKTARI

Isıl işlem uygulanmış sarıçam ve kestane odunlarından hazırlanan test örnekleri 20 °C \pm 2 sıcaklık ve % 65 \pm 2 bağıl nem ortamında yaklaşık olarak 2 ay bekletildikten sonra ulaştığı denge rutubet miktarlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denge rutubet miktarı (%).

Deney Koşulları		Sarıçam		Kestane	
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	DRM (%)	Standart Sapma	DRM (%)	Standart Sapma
(Kontrol)-0	0	11,68	1,07	11,44	1,41
130	3	11,35	0,14	9,57	0,34
	6	11,05	0,60	9,22	0,27
	9	10,71	0,69	9,16	0,70
	12	8,46	2,38	8,94	0,92
145	3	11,27	0,27	9,34	0,48
	6	9,77	0,44	9,24	0,51
	9	10,82	0,20	9,03	0,37
	12	10,67	0,49	8,89	0,38
160	3	10,98	0,32	9,34	0,13
	6	10,94	0,21	9,31	0,26
	9	9,97	1,46	8,98	0,26
	12	10,18	0,58	8,42	0,80
175	3	10,07	0,23	8,72	0,39
	6	9,86	0,48	7,67	1,14
	9	9,36	0,53	8,72	1,15
	12	9,01	0,57	6,49	0,94
190	3	8,81	1,46	7,52	0,40
	6	8,36	1,06	6,79	0,85
	9	7,58	0,71	6,08	0,23
	12	7,03	0,81	5,87	0,74
205	3	8,72	0,33	6,93	0,50
	6	7,94	0,75	5,85	0,48
	9	6,55	2,59	6,03	0,85
	12	5,87	0,68	5,60	1,29

Her iki odun türünde incelendiğinde ısıtma işlem uygulamasının örneklerin denge rutubet miktarının düşürdüğü görülmüştür. Kontrol gruplarında sarıçam odununu için ulaşılan DRM %11,6 iken 205°C’de 12 saat ısıtma işlem uygulaması sonucunda DRM’nin % 5,8’lere kadar düştüğü belirlenmiştir. Aynı durum kestane odunu içinde söylenebilir. Kestane odununun kontrol örneklerinin ulaştığı DRM %11,4 iken 205°C’de 12 saat ısıtma işlem uygulaması sonucunda DRM’nin %5,6’lara kadar düştüğü belirlenmiştir. Sarıçam ve kestane odunlarına uygulanan ısıtma işlem koşullarının denge rutubet miktarına olan etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Denge rutubet miktarına ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	95,23	1	95,23	128,29	0,00
B	475,38	5	95,08	128,08	0,00
C	76,21	3	25,40	34,22	0,00
A * B	2,46	5	0,49	0,66	0,65
A * C	3,95	3	1,32	1,77	0,15
B * C	24,16	15	1,61	2,17	0,01
A * B * C	26,22	15	1,75	2,35	0,00
Error	185,57	25	0,74		
Total	24283,33	3			

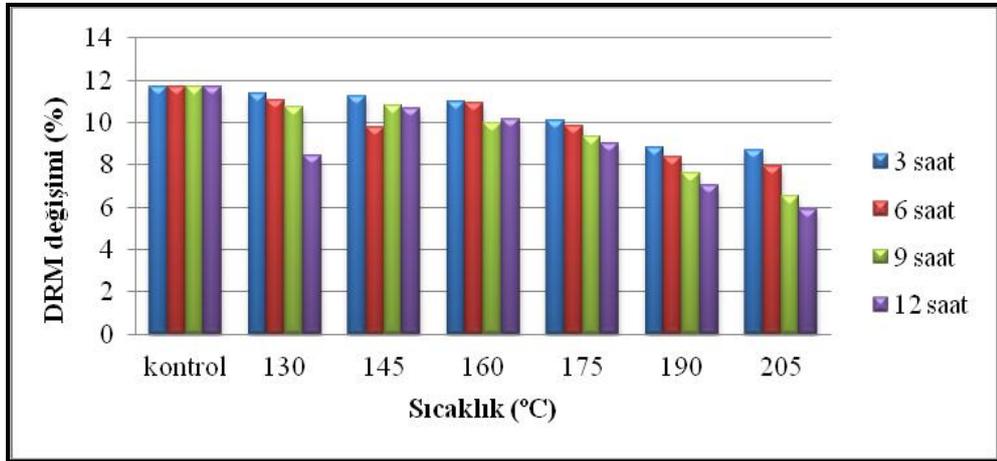
A: Tür (Sarıçam, Kestane)
B: Sıcaklık (0–130-145-160-175-190-205°C)
C: Süre (0–3-6-9-12 saat)

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan odun türü, ısıtma işlem sıcaklığı ve ısıtma işlem süresinin DRM üzerine etkisi %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Belirlenen farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Denge rutubet miktarına ait Duncan testi sonuçları.

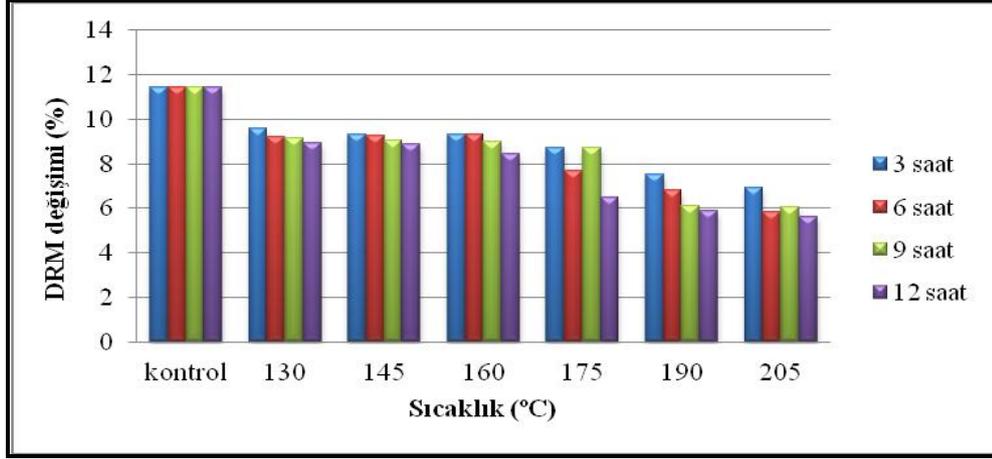
Deney Koşulu		Ortalama (DRM) (%)	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	205	6,68	A
	190	7,25	B
	175	8,73	C
	160	9,76	D
	130	9,8	D
	145	9,88	D
	0	11,56	E
Süre (saat)	12	7,95	A
	9	8,58	B
	6	8,83	B
	3	9,38	C
	0	11,58	D

Duncan testi sonuçlarına göre, en yüksek DRM ısı işlem görmemiş kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük DRM, 205°C’de ısı işlem görmüş örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem koşullarına bağlı olarak sarıçam odununa ait DRM değerlerindeki değişim Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Sarıçam odununa ait DRM’ndeki değişim.

Isıl işleme tabi tutulan kestane odununun DRM değerlerine ait değişim oranlarını gösteren grafik Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kestane odununa ait DRM'ndeki değişim.

Korkut and Bektaş (2008) yaptıkları çalışmada ısıl işlem sonucunda odun örneklerinin denge rutubetinde azalma olduğunu belirlemişlerdir. Sefil (2010), yaptığı çalışmada; kayın ve göknar odununa 170, 180, 190, 200, 212 °C'de ısıl işlem uygulamış ve her bir sıcaklıkta da DRM'nin kontrole göre azaldığını tespit etmiştir. Çaliova (2011), kızılâğaç ve ladin odunlarından oluşan üç farklı sıcaklıkta (190,205 ve 212°C) ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısıl işleme tabi tutmuş ve çalışmanın sonunda ısıl işlemin sıcaklığının 212 °C uygulanamsında ladin odununda %39, kızılâğaç odununda % 35 oranında denge rutubet miktarının azalttığını tespit etmiştir. Yapılan bir çalışmada dişbudak ve sitka ladin odunları 138°C'de 1–8 gün süreyle muamele edilen bir çalışmada denge rutubetinin %30–40 oranlarında azaldığı belirlenmiştir (Schneider,1973). Kayın odunu 200–260°C sıcaklıklar arasında muamele edilmiş ve kayın örneklerinin denge rutubet oranlarının %50 ve %45 oranında düştüğü belirtilmiştir (Kandem et al., 2002). Denge rutubet miktarındaki azalma hemiselülozların bozunmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Hemiselülozlar en önemli higroskopik bileşikler olup ve en önemli etkenlerdir. Fakat,selülozun amorf bölgelerinin degradesyonu ve çapraz bağlanma reaksiyonları da denge rutubetinin azalmasına katkı sağlamaktadır (Tjeerdsma and Militz 2005; Esteves vd., 2007).

Sonuç olarak, çalışmada 130, 145, 160, 175, 190 ve 205°C sıcaklıklarda 3-6-9-12 saat muamele ile hem sarıçam hemde kestane odununundan hazırlanan deney örneklerinin DRM değerlerinin düştüğü görülmektedir ki bu durum literatür ile uyum göstermektedir.

4.2. AĞIRLIK KAYBI

Sarıçam ve Kestane odunları türlerinden hazırlanan deney örneklerinin ısıtma işlemine maruz bırakılması sonucunda belirlenen ağırlık kayıplarına ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ağırlık kaybı (%).

Deney Koşulları		Sarıçam		Kestane	
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ağırlık kaybı (%)	Standart sapma	Ağırlık kaybı (%)	Standart sapma
130	3	0,40	0,183	0,05	0,380
	6	0,55	0,218	0,24	0,145
	9	0,72	0,224	0,50	0,245
	12	0,86	0,299	0,84	0,236
145	3	0,28	0,067	0,48	0,146
	6	0,48	0,129	0,48	0,086
	9	0,70	0,091	0,68	0,179
	12	1,71	1,046	1,09	0,315
160	3	0,93	0,220	0,90	0,193
	6	1,09	0,250	1,49	0,462
	9	1,27	0,470	1,16	0,224
	12	1,54	0,359	1,74	0,495
175	3	1,06	0,256	1,84	0,712
	6	1,41	0,620	2,81	1,214
	9	1,78	0,748	3,04	0,855
	12	3,17	2,159	4,25	0,964
190	3	1,59	0,425	4,10	1,281
	6	2,68	0,932	6,25	1,400
	9	4,10	1,180	6,46	1,531
	12	4,93	0,922	8,02	2,095
205	3	2,31	2,763	4,55	1,068
	6	3,67	1,013	8,73	1,750
	9	5,18	1,606	8,44	5,588
	12	7,76	1,611	12,38	1,977

Isıtma işlemi uygulaması örneklerin ağırlık kaybına neden olmaktadır. Isıtma işlemi koşullarının sertleştirilmesi ile yani sıcaklık ve sürenin artırılması ile örneklerde meydana gelen ağırlık kayıplarında artmaktadır. Kestane odununda ağırlık kaybı sarıçam odunundan daha fazla olmuştur ki bunda kestane odununu oluşturan kimyasal bileşenlerinin türü ve miktarı etkili olmaktadır. 130 °C’de ve 3 saatlik ısıtma işlemi uygulaması sarıçam odununda % 0,40’lık ağırlık kaybı olurken, kestane

odununda ise % 0,05’lik ağırlık kaybı oluşmuştur. Isıl işlem süresinin 3 saat tutulup sıcaklığın 205 °C’ye çıkartılması durumunda sarıçamda ağırlık kaybının % 2,3 yükselirken aynı koşullarda Kestane odununda ise % 4,55’e yükseldiği görülmüştür. Uygulanan ısı işlem koşullarının örneklerin ağırlık kayıplarına olan etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağırlık kaybına ait çoklu varyans analizi sonuçları.

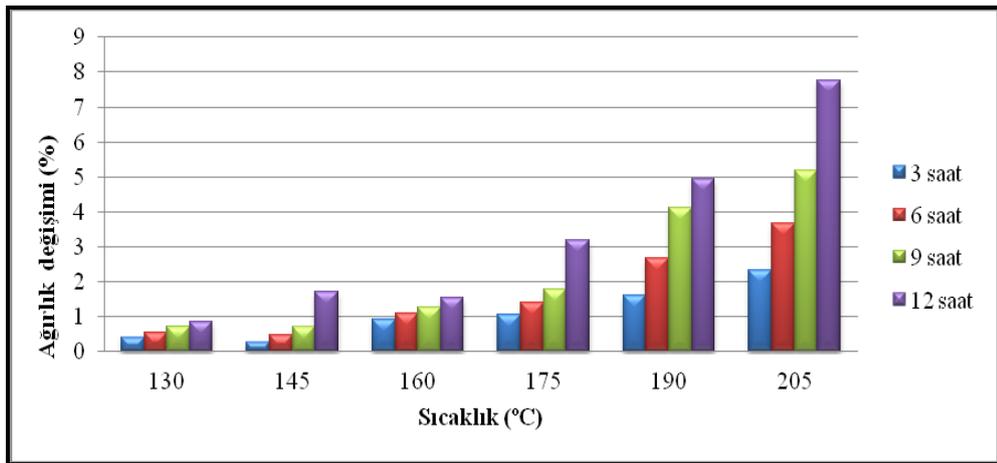
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	285,44	1	285,44	173,62	0,00
B	3659,48	5	731,90	445,19	0,00
C	572,70	3	190,90	116,12	0,00
A * B	436,84	5	87,37	53,14	0,00
A *C	17,04	3	5,68	3,45	0,02
B * C	421,93	15	28,13	17,11	0,00
A* B * C	33,87	15	2,26	1,37	0,15
Error	1104,78	672	1,64		
Total	11878,94	720			
A: Tür (Sarıçam, Kestane) B: Sıcaklık (0–130-145-160-175-190-205°C) C: Süre (0–3-6-9-12 saat)					

Yapılan çoklu varyans analizine göre kullanılan ağaç türü, ısı işlem sıcaklığı ve ısı işlem süresinin ağırlık kaybına etkisi %95 güven aralığında anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6’de verilmiştir.

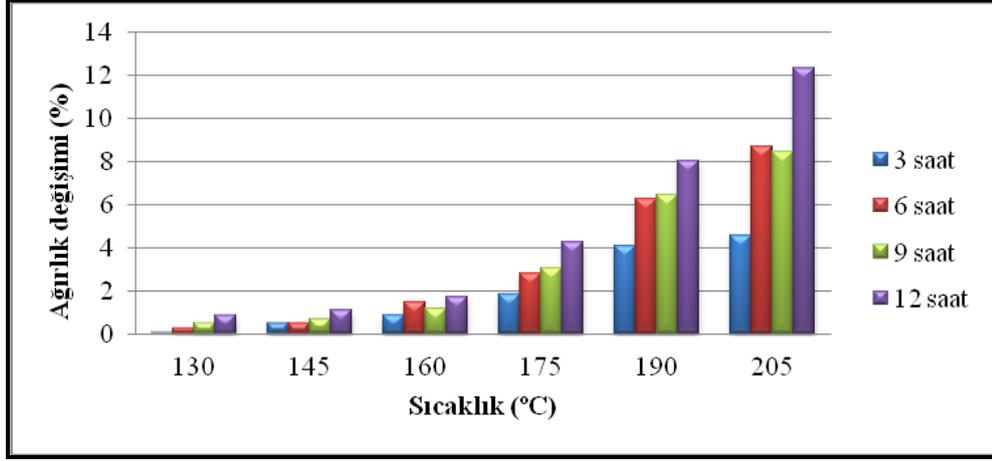
Çizelge 4.6. Ağırlık kayıplarına ait Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulu		Ağırlık kaybı (%)	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	130	0,50	A
	145	0,74	A
	160	1,27	B
	175	2,42	C
	190	4,77	D
	205	6,63	E
Süre (saat)	3	1,53	A
	6	2,49	B
	9	2,84	C
	12	4,02	D

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre ısıl işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybının arttığı gözlemlenmiştir. Isıl işlem koşullarına bağlı olarak sarıçam ve kestane odunlarından hazırlanan test örneklerinin ağırlık değişimi sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Sarıçam odununa ait ağırlık değişimi.



Şekil 4.4. Kestane odununa ait ağırlık değişimi.

Isıl işlem sonucu ağırlık kaybının yapraklı ağaç odunlarında iğne yapraklılara kıyasla daha yüksektir. Çünkü Yapraklı ağaçlar iğne yapraklı ağaçlara göre ısıya karşı daha az dayanıklıdır. Bu farklılık hemiselüloz miktarına ve kompozisyonuna bağlıdır. Ayrıca, yapraklı ağaçlar genelde daha yüksek oranda hemiselülozlara sahip olup ve yapraklı ağaç hemiselülozları iğne yapraklı ağaçlara kıyasla daha yüksek asetil içeriğine sahiptirler (Militz, 2002).

Özçifçi vd. (2009), sarıçam odununa, 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıl işlem uygulamışlar ve ağırlık kaybına ilişkin ısıl işlem sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça, ağırlık kaybının da arttığını belirtmişlerdir. Ağırlık kaybındaki azalma ısıl işlemin metoduna, sıcaklığına ve zamanına bağlı olarak değişmektedir (Rusche, 1973). 180–200 °C sıcaklıklarda kayın odunundan ağırlık kaybının % 10–15 arasında olduğu belirtmektedirler (Feist and Sell 1987). Yapılan çalışmada, özellikle ısıl işlem sıcaklığının 175, 190 ve 205°C olarak uygulanan örneklerde daha fazla ağırlık kayıplarının olduğu söylenebilir. 175°C’de 12 saat ısıl işleme tabi tutulan sarıçam odununda ağırlık kaybı %3,1 iken Kestane odununda % 4,2 olmuştur. Kestane odunu kimsayal içeriği itibariyle daha fazla ekstraktif madde içerdiğinden kütle kaybında daha fazla olduğu düşünülmektedir. En az ağırlık kaybı 130°C de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde görülürken, en yüksek ağırlık kaybı ise 205°C de ısıl işlem görmüş deney örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Literatürde de farklı ağaç türleri ile yapılan çalışmalar benzer durumlar görülmektedir.

4.3. RENK DEĞİŞİMİ

Sarıçam odununun 130–145–160–175–190 ve 205°C sıcaklıklarda 3–6–9 ve 12 saat süreyle ısıtılma maruz bırakılarak elde edilen teğet ve radyal yönlerdeki renk (L, a, b) değerleri sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Sarıçam odununun teğet yöndeki renk değerleri (L, a, b).

Sarıçam								
Isıl işlem koşulları			L değeri (L ⁻ =Siyah, L ⁺ =Beyaz)		a değeri (a ⁻ =Yeşil, a ⁺ =Kırmızı)		b değeri (b ⁻ =Mavi, b ⁺ =Sarı)	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Teğet	Kontrol	0	78,97	1,44	4,84	0,55	28,46	1,60
	130	3	75,39	1,58	3,28	0,62	26,78	2,10
		6	72,15	3,68	2,29	2,02	21,64	4
		9	77,03	0,23	3,55	0,33	24,86	0,36
		12	75,79	0,80	3,49	0,40	27,36	1,03
	145	3	73,13	1,02	3,42	0,51	29,33	0,62
		6	72,58	1,11	3,34	1,22	28,23	1,46
		9	73,04	3,40	3,57	1,66	28,16	0,90
		12	71,77	1,26	5,49	1,57	28,47	1,25
	160	3	74,94	0,80	3,34	0,97	27,13	1,42
		6	68,74	1,46	6,83	1,26	28,51	1,87
		9	68,45	2,40	4,24	1,30	29,46	2,32
		12	63,61	3,98	4,06	1,36	23,50	9,06
	175	3	60,19	0,89	7,95	0,93	26,12	1,71
		6	60,62	1,57	8,67	1,71	26,98	1,58
		9	56,54	1,17	12,87	1,96	28,87	1,58
		12	52,10	1,24	12,66	1,41	26,31	2,98
	190	3	50,20	0,93	11,80	1,33	22,92	2,07
		6	48,17	1,87	14,24	0,55	28,03	1,11
		9	42,85	0,79	9,12	1,54	19,97	3,59
		12	41,45	0,41	10,66	2,07	20,60	2,24
	205	3	41,52	4,70	9,13	2,09	17,80	2,21
		6	35,95	1,69	9,46	1,79	15,40	2,46
		9	35,31	0,86	12,43	2,62	10,94	4,03
		12	33,53	1,75	4,43	1,87	15,46	1,2

Teğet yönde sarıçam odununda hazırlanan ısıtılma görmüş deney örnekleri ile kontrol örnekleri karşılaştırıldığında ısıtılma görmüş deney örneklerinde sıcaklığın ve sürenin artmasına paralel olarak renk koyulaşmasının meydana geldiği

belirlenmiştir. En yüksek renk değişimi değeri 205°C’de ısıl işlem gören örneklerde en düşük ise 130°C’de ısıl işlem gören örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Deney örneklerinin renk L* değeri 130°C sıcaklıkta 3 saat muamele edilen örneklerde 75,39 iken 205°C sıcaklıkta 3 saat muamele gören örneklerde 41,52 olduğu belirlenmiştir. Renk a* değerlerinde ise sıcaklığın artmasıyla özellikle 175°C sıcaklığının üzerindeki kombinasyonlarda önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Renk b* değerlerinde ise bilhassa 205°C sıcaklıkta yapılan ısıl işlem uygulamalarında önemli azalmalar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Sarıçam odununun radyal yöndeki renk değerleri (L,a, b).

Sarıçam								
Isıl işlem koşulları			L değeri (L ⁻ =Siyah, L ⁺ =Beyaz)		a değeri (a ⁻ =Yeşil, a ⁺ =Kırmızı)		b değeri (b ⁻ =Mavi, b ⁺ =Sarı)	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Radyal	Kontrol	0	79,63	1,08	4,28	0,83	28,39	0,98
	130	3	77,48	0,75	4,17	0,98	23,56	0,87
		6	77,38	5,68	1,80	2,04	26,51	2,50
		9	75,79	1,01	4,35	1,16	25,40	1,12
		12	73,49	1,16	1,02	0,15	20,73	0,53
	145	3	76,76	1,79	6,90	1,94	26,08	2,07
		6	75,00	0,82	1,60	1,03	28,01	3,03
		9	70,57	1,81	7,18	2,31	25,94	2,32
		12	71,99	0,69	4,22	0,52	29,86	0,55
	160	3	75,69	3,55	3,63	2,36	25,66	1,75
		6	70,92	0,52	5,45	0,88	29,62	1,93
		9	70,03	0,99	5,18	0,55	30,14	1,09
		12	68,26	0,60	5,26	0,33	31,25	0,33
	175	3	61,97	1,83	9,41	1,16	26,12	1,71
		6	58,16	1,94	10,46	0,94	26,96	1,55
		9	57,95	0,83	8,97	0,87	28,87	1,58
		12	54,23	0,80	11,42	1,72	26,31	2,98
	190	3	53,59	1,70	13,93	2	28,74	2,18
		6	48,53	0,39	12,13	2,34	27,08	0,87
		9	43,99	0,26	8,73	0,27	23,66	1,42
		12	44,61	0,58	10,05	0,68	21,02	1,29
	205	3	43,26	2,15	9,24	2,04	21,33	1,68
		6	32,63	3,89	7,51	2,39	10,75	4,77
		9	31,88	5,37	8,18	1,5	11,21	8,09
		12	33,70	1,85	5,72	5,65	13,42	6,3

Sarıçam odununun radyal yöndeki ortalama renk değışimleri ısııl işlem muamelesi görmüş deney örnekleri için renk L* değerlerinde düşüşün olduğu tespit edilmiştir. Renk a* değerlerinde ise; sıcaklığın artmasıyla özellikle yine 175°C sıcaklıktan sonra önemli artışlar olduğu tespit edilmiş fakat daha sonra sıcaklığın 205°C'ye çıkarılması ile artış azalma yönünde eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir. Renk b* değerlerinde ise; özellikle 205°C sıcaklıkta 3 saaten sonra yani 6, 9 ve 12 saatteki yapılan ısııl muamelede düşüşlerin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kestane odununun 130–145–160–175–190 ve 205°C sıcaklıklarda ve 3–6–9 ve 12 saat süreyle ısııl işleme maruz bırakılarak elde edilen teğet ve radyal yönlerdeki renk değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kestane odununun teğet yöndeki renk değerleri (L, a, b).

Kestane								
Isıl işlem koşulları			L değeri (L ⁻ =Siyah, L ⁺ =Beyaz)		a değeri (a ⁻ =Yeşil, a ⁺ =Kırmızı)		b değeri (b ⁻ =Mavi, b ⁺ =Sarı)	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Teğet	0	0	73,52	2,11	5,13	0,59	20,47	0,58
		130	3	69,13	2,48	3,13	1,69	17,73
	6		67,2	0,55	5,05	0,85	17,93	1,77
	9		65,82	1,45	4,84	1,48	18,88	2,49
	12		68,32	0,57	4,14	0,65	18,81	0,66
	145	3	50,99	2,31	7,76	0,62	20,39	0,75
		6	44,46	19,34	12,88	0,25	22,48	0,69
		9	62,65	0,85	5,32	0,18	19,86	0,67
		12	57,34	0,71	6,98	1,05	18,88	1,93
	160	3	60,91	1,66	6,44	1,71	19,81	1,22
		6	52,18	1,83	7,68	0,53	20,08	1,97
		9	56,08	0,67	8,23	0,68	21,82	1,15
		12	53,69	0,80	7,93	2,14	19,73	1,09
	175	3	46,40	0,94	7,64	2,59	15,72	2,20
		6	40,21	1,36	9,63	1,44	14,9	0,88
		9	39,24	2,28	9,44	2,69	12,99	1,68
		12	37,58	0,82	8,51	1,11	11,01	0,87
	190	3	39,65	0,99	7,87	1,12	13,24	0,59
		6	37,08	1,32	9,58	2,06	12,54	1,64
		9	32,22	1,05	4,90	1,4	8,50	0,90
		12	31,25	0,77	5,52	0,97	7,07	0,74
	205	3	31,98	1,17	4,66	0,94	8,82	1,92
		6	24,54	0,33	2,89	0,43	2,71	0,73
		9	25,22	1,15	3,17	0,76	3,06	1,30
		12	25,23	0,43	4,60	3,55	3,43	1,09

Çizelge 4.9 incelendiğinde en yüksek renk değişimi 205°C’de ısıl işlem gören örneklerde en düşük renk değişimi ise 130 °C sıcaklıkta ısıl işlem gören örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Kestane odununun radyal yöndeki renk değişimi (L,a, b).

Kestane								
Isıl işlem koşulları			L* - değeri (L ⁻ =Siyah, L ⁺ =Beyaz)		a* - değeri (a ⁻ =Yeşil, a ⁺ =Kırmızı)		b* - değeri (b ⁻ =Mavi, b ⁺ =Sarı)	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Radyal	0	0	77,81	0,59	4,78	0,26	21,23	0,85
	130	3	67,04	0,39	2,9	1,95	15,83	7,96
		6	67,40	1,22	3,42	1,56	20,25	2,12
		9	67,74	0,85	5,46	1,06	17,78	0,84
		12	61,06	0,97	5,72	0,55	18,52	0,88
	145	3	65,29	0,42	6,69	0,87	18,91	1,14
		6	57,49	0,82	10,38	3,46	21,15	0,78
		9	63,86	0,65	7,22	0,77	19,82	0,97
		12	63,02	0,16	6,47	0,81	21,22	0,57
	160	3	62,41	0,9	6,81	1,01	21,39	0,45
		6	52,34	1,37	8,26	1,24	17,94	2,78
		9	53,29	1,55	8,17	1,12	20,77	0,67
		12	54,79	1,13	8,79	0,82	22,02	1,03
	175	3	47,87	1,9	7,05	0,85	17,43	1,08
		6	45,78	0,49	7,64	0,64	15,35	1
		9	44,16	0,31	11,71	1,96	18,36	2,35
		12	67,04	0,39	2,89	1,95	15,83	7,96
	190	3	39,21	0,54	5,42	1,23	14,1	0,67
		6	34,48	1,21	7,12	3,62	9,42	3,43
		9	33,92	0,65	5,57	1,64	8,95	0,68
		12	31,85	0,55	7,05	2,08	6,51	2,62
	205	3	31,83	0,92	5,75	0,77	7,6	0,85
		6	30,81	0,58	5,52	1,63	6,82	2,1
		9	25,96	0,46	4,53	2,93	1,72	1,61
		12	26,98	0,27	3,86	2,14	0,95	0,68

Kestane odunundan radyal yönde hazırlanan deney örneklerindende ısıl işlem sıcaklık ve süresinin artması ile renk L değerlerinde önemli miktarda azalma görülmüştür. Renk a* değerlerinde ise yine teget yönde olduğu gibi sıcaklığın artması ile 145°C sıcaklıktan sonraki kombinasyonlarda 190°C kadar artış olurken,

190°C sıcaklıktan sonra tekrardan önemli derecede azalış görülmüştür. Renk b* değerlerinde genel olarak düşüşler gözlemlense de özellikle 205°C sıcaklıktan sonra gerçekleşen düşüşün daha keskin olduğu belirlenmiştir. Kullanılan ağaç cinsi, ölçüm yüzeyi, ısıtma işlem sıcaklığı ve süresinin renk L* değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Renk L* değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	13692,21	1	13692,21	2079,00	0,00
B	550,47	1	550,47	83,58	0,00
C	112786,19	5	22557,24	3425,05	0,00
D	2148,02	3	716,01	108,72	0,00
A * B	178,42	1	178,42	27,09	0,00
A * C	923,17	5	184,63	28,03	0,00
B* C	725,41	5	145,08	22,03	0,00
A* B* C	898,98	5	179,80	27,30	0,00
A * D	506,43	3	168,81	25,63	0,00
B * D	157,82	3	52,61	7,99	0,00
A * B* D	69,31	3	23,10	3,51	0,02
C * D	1599,05	15	106,60	16,19	0,00
A * C* D	1351,40	15	90,09	13,68	0,00
B * C * D	1322,99	15	88,20	13,39	0,00
A * B* C * D	881,32	15	58,75	8,92	0,00
Error	3292,98	500	6,59		
Total	1973588,32	600			

A: Tür (Sarıçam, Kestane)
B: Yön (Teğet, Radyal)
C: Sıcaklık (0–130-145-160-175-190-205 °C)
D: Süre (0–3-6-9-12 saat)

Çoklu varyans analizi sonucuna göre odun türü, keşiş yönü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve bunların karşılıklı etkileşiminin renk L* üzerine etkisi % 95 güven aralığında anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Deney koşullarının renk L* üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Renk L* değerine ait Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulları		Ortalama	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	205	31,90	A
	190	40,82	B
	175	51,88	C
	160	62,90	D
	145	65,62	E
	130	71,14	F
	0	77,48	G
Süre (saat)	12	52,61	A
	9	53,07	A
	6	53,12	A
	3	57,37	B
	0	77,48	C

Uygulanan ısı işlem süresi ve sıcaklığın artması ile hazırlanan her iki örnek grubunda da örneklerin renk L değerlerinde azaldığı yani örnek yüzeylerinin karardığı görülmüştür. Deney koşullarının renk a* değeri üzerine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Renk a*’nın çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	17,24	1	17,24	6,40	0,01
B	5,32	1	5,32	1,98	0,16
C	2027,89	5	405,58	150,66	0,00
D	74,87	3	24,96	9,27	0,00
A * B	0,00	1	0,00	0,00	0,98
A * C	1538,17	5	307,63	114,28	0,00
B* C	28,68	5	5,74	2,13	0,06
A* B* C	54,40	5	10,88	4,04	0,00
A * D	57,55	3	19,18	7,13	0,00
B * D	47,32	3	15,77	5,86	0,00
A * B* D	56,37	3	18,79	6,98	0,00
C * D	411,28	15	27,42	10,19	0,00
A * C* D	512,86	15	34,19	12,70	0,00
B * C * D	151,71	15	10,11	3,76	0,00
A * B* C * D	202,38	15	13,49	5,01	0,00
Error	1345,98	500	2,69		
Total	33535,81	600			

A: Tür (Sarıçam, Kestane), B: Yön (Teğet, radyal)
C: Sıcaklık (0- 130- 145- 160- 175- 190- 205 °C)
D: Süre (0- 3- 6- 9- 12 saat)

Yapılan çoklu varyans analizi sonucuna göre kullanılan kesiş yönü renk a değeri üzerine etkisi %95 güven aralığında istatistikî açıdan anlamlı bulunmazken, ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklık ve süresinin etkisinin ise anlamlı olduğu bulunmuştur. Bulunan farklılıkların gruplandırmasını yapmak için Duncan testi uygulanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Renk a* değerine ait Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulları		Ortalama	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	130	3,66	A
	0	4,76	B
	145	6,21	C
	160	6,27	C
	205	6,32	C
	190	8,98	D
	175	9,18	D
Süre (Saat)	0	4,76	A
	12	6,29	B
	3	6,6	BC
	9	6,95	CD
	6	7,24	D

Isıl işlem sıcaklığına göre değerlendirildiğinde renk a* değerlerinde kontrole göre en fazla artışın 205°C'de ısıtma işlem görmüş örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artması ile genel olarak tüm örneklerin renkleri kırmızı renkten yeşil renge doğru bir eğilim içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Deney koşullarının renk b* üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Renk b*değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	10731,83	1	10731,83	1748,88	0,00
B	10,53	1	10,53	1,72	0,19
C	15172,12	5	3034,42	494,50	0,00
D	291,99	3	97,33	15,86	0,00
A * B	1,39	1	1,39	0,23	0,63
A * C	1008,86	5	201,77	32,88	0,00
B * C	115,82	5	23,16	3,77	0,00
A * B * C	137,01	5	27,40	4,47	0,00
A * D	11,91	3	3,97	0,65	0,58
B * D	7,75	3	2,58	0,42	0,74
A * B * D	7,28	3	2,43	0,40	0,76
C * D	1189,95	15	79,33	12,93	0,00
A * C * D	307,45	15	20,50	3,34	0,00
B * C * D	513,76	15	34,25	5,58	0,00
A * B * C * D	323,50	15	21,57	3,51	0,00
Error	3068,19	500	6,14		
Total	271443,03	600			

A: Tür (Sarıçam, Kestane)
B: Yön (Teğet, radyal)
C: Sıcaklık (0–130-145-160-175-190-205 °C)
D: Süre (0–3-6-9-12 saat)

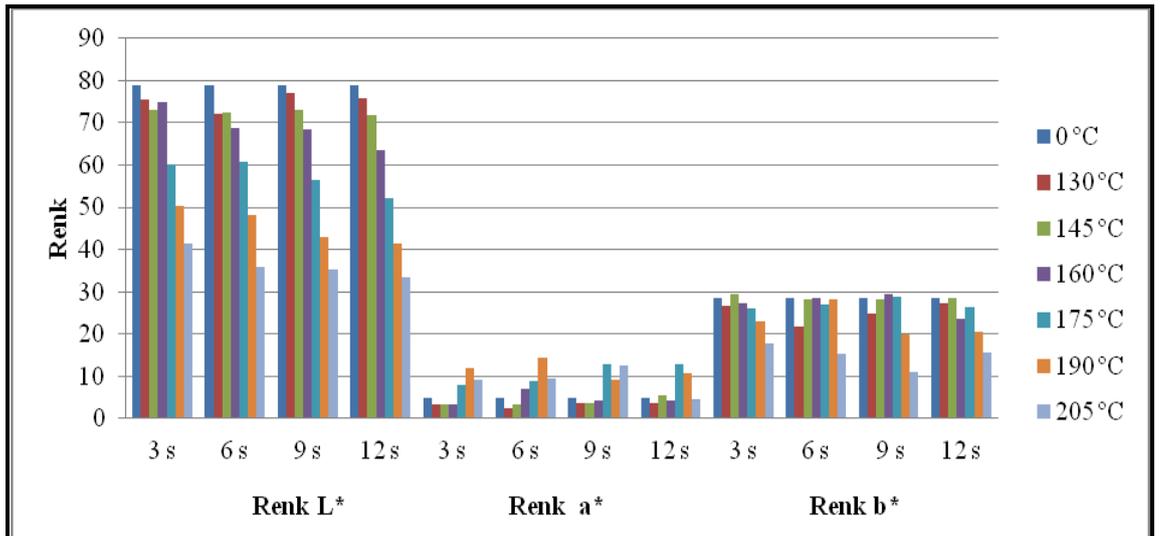
Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kullanılan ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı ve süresi renk b* değeri üzerine etkisi %95 önem düzeyinde anlamlı iken kesiş yönünün etkisi ise istatiki açıdan anlamlı bir değer ifade etmediği tespit edilmiştir. Anlamlı bulunan farklılıkların önem derecesini belirlemek için Duncan testi Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Renk b* değerine ait Duncan testi sonuçları.

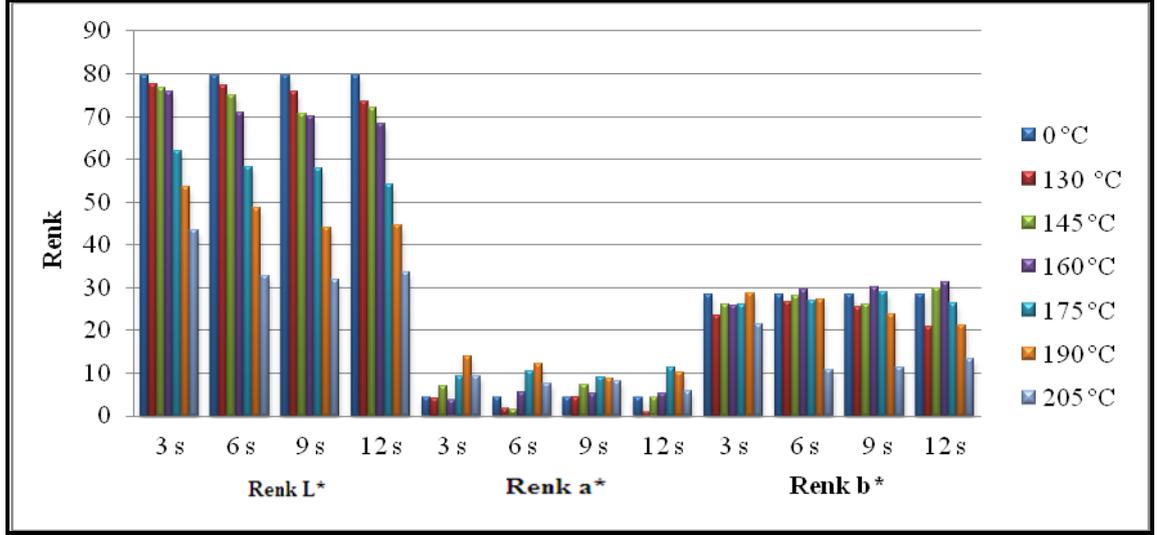
Deney Koşulları		Ortalama	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	205	9,46	A
	190	17,02	B
	175	21,13	C
	130	21,41	C
	145	24,17	D
	160	24,30	D
	0	24,64	D
Süre (saat)	12	18,68	A
	9	19,17	AB
	6	19,97	BC
	3	20,52	C
	0	24,64	D

Genel anlamda ısıl işlem sıcaklık derecesi ve süresi arttıkça renk b* değerlerinde azalma olduğu söylenebilir.

Sarıçam odununun test örneklerinin kontrol örneklerine göre elde edilen teğet ve radyal kesitteki renk (L, a, b) değerlerine ait değişim oranları sırasıyla Şekil 4,5'de ve Şekil 4,6'da verilmiştir.

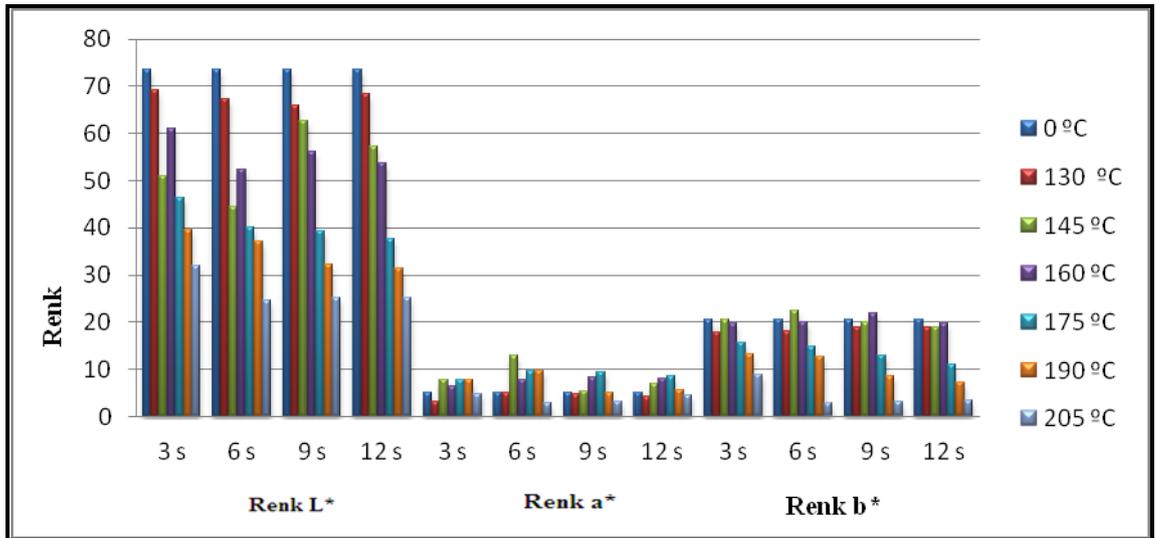


Şekil 4.5. Sarıçam odununun teğet yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi.

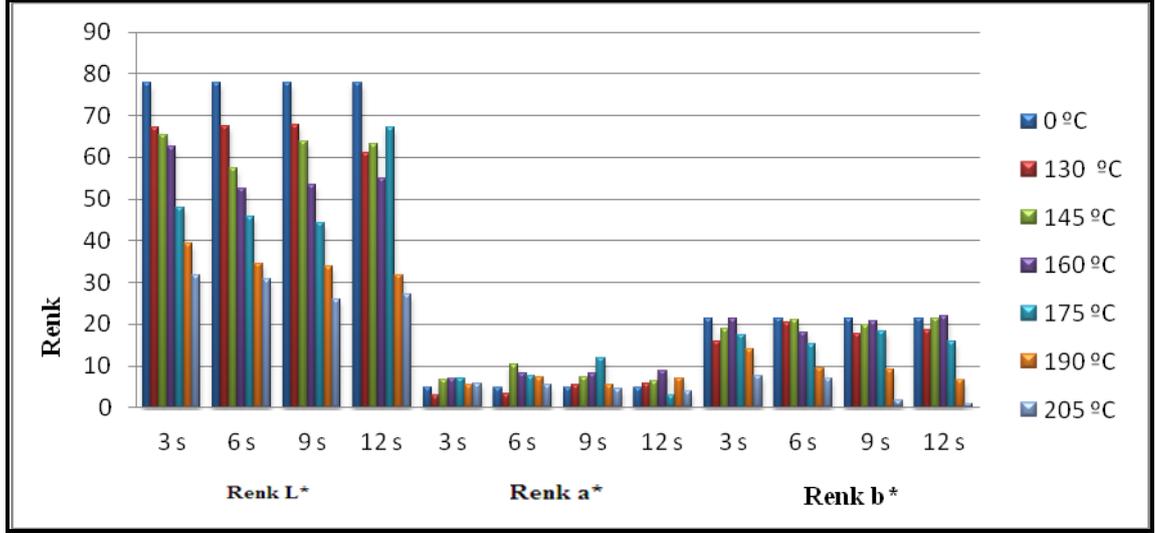


Şekil 4.6. Sarıçam odununun radyal yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi.

Renk (L, a, b) değerleri en yüksek ısıl işlem koşullarındaki elde sonuçlar ile kontrol gruplarından elde edilen değerler ile kıyaslandığı zaman sarıçam odununun renk L* değerinde teğet yönde % 57,5, radyal yönde % 57,6 oranında azaldığı belirlenmiş, renk a*değerinde teğet yönde % 95, radyal yönde ise % 91 oranında artış görülmüş, renk b* değerinde teğet yönde % 45, radyal yönde ise % 52 oranında olarak azaldığı kaydedilmiştir. Kestane odununun sıcaklık ve süreye bağlı olarak teğet ve radyal kesitteki renk (L, a, b) değerlerine ait değişim oranları sırasıyla Şekil 4.7’de ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kestane odununun teğet kesitteki renk (L, a, b) değerleri değişimi.



Şekil 4.8. Kestane odununun radyal yöndeki renk (L, a, b) değerleri değişimi.

Isıl işlem görmüş kestane odunun renk L* değeri kontrol örneklerine göre teğet yönde % 65, radyal yönde % 65 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Renk a* değeri teğet yönde % 73 radyal yönde ise % 69 oranında artış görülmüştür. Renk b* değeri teğet yönde % 85, radyal yönde ise % 67 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

4.3.1 Toplam Renk Değişimi

Sarıçam ve Kestane odunlarından hazırlanan deney örnekleri 130–145–160–175–190 ve 205°C sıcaklıklarda 3–6–9 ve 12 saat süreyle ısıtılarak maruz bırakılarak elde edilen teğet yöndeki toplam renk değişimi (ΔE^*ab) değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Sarıçam ve kestane odunlarının teğet yöndeki toplam renk değişimi.

Deney koşulu			Sarıçam		Kestane	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama toplam renk değişimi	Standart sapma	Ortalama toplam renk değişimi	Standart sapma
Teğet	130	3	4,69	0,99	5,98	1,80
		6	6,05	0,71	7,09	2,15
		9	4,58	0,96	8,51	1,89
		12	4,29	0,97	7,55	2,14
	145	3	6,31	1,34	7,93	1,20
		6	7,01	1,36	8,91	2,54
		9	6,64	2,70	12,09	2,03
		12	7,70	2,15	17,30	1,90
	160	3	4,96	0,76	12,91	1,04
		6	11,01	1,56	14,41	3,31
		9	11,04	2,83	17,84	2,14
		12	17,50	6,64	20,14	2,41
	175	3	19,42	1,70	27,88	2,27
		6	18,98	2,62	34,13	2,91
		9	24,05	1,74	35,48	3,41
		12	28,23	1,64	37,35	2,74
	190	3	30,22	1,23	34,78	2,30
		6	32,30	1,46	37,62	3,01
		9	37,50	1,95	43,02	2,68
		12	38,87	2,04	44,38	2,14
	205	3	39,32	4,09	43,19	2,65
		6	45,32	2,18	52,17	1,99
		9	47,87	2,53	51,42	2,03
		12	47,32	1,92	51,33	1,80

Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça hem sarıçam hemde kestane odunundan hazırlanan deney örneklerinin toplam renk değişiminin arttığı tespit edilmiştir. Sarıçam odununda 205 °C’de 12 saatlik kombinasyonda yapılan muamelede 47,32 iken kestane odununda 51,33 olduğu görülmüştür. Kestane odununda meydana gelen toplam renk değişimi sarıçam odunundan daha fazla olduğu görülmüştür. Bunda kestane odununun sahip olduğu ekstraktif maddelerin etkisinin olduğu söylenebilir. Sarıçam ve kestane odunundan hazırlanan deney örneklerinin 130–145–160–175–190 ve 205°C sıcaklıklarda 3–6–9 ve 12 saat süreyle ısıl işleme maruz bırakılarak elde edilen radyal yöndeki toplam renk değişimi (ΔE^*ab) radyal yöndeki değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Sarıçam ve kestane odunlarının radyal yöndeki toplam renk değişimi.

Deney koşulu			Sarıçam		Kestane	
Yön	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama toplam renk değişimi	Standart sapma	Ortalama toplam renk değişimi	Standart sapma
Radyal	130	3	6,00	1,17	10,99	1,97
		6	6,49	3,70	10,93	1,49
		9	5,99	1,51	10,75	1,56
		12	10,93	0,65	17,01	1,38
	145	3	6,47	1,06	12,95	0,67
		6	6,76	0,54	13,21	3,32
		9	8,58	1,08	14,27	1,15
		12	8,93	0,74	14,93	0,69
	160	3	6,91	2,04	15,56	0,89
		6	10,28	0,57	21,11	5,72
		9	11,04	1,13	24,77	1,90
		12	12,94	0,65	23,42	0,76
	175	3	19,90	2,24	30,27	2,02
		6	23,74	2,19	32,70	1,01
		9	23,53	0,64	34,63	0,70
		12	27,93	1,46	33,83	4,53
	190	3	29,24	1,76	39,27	0,85
		6	33,47	0,74	45,14	1,91
		9	37,47	0,28	45,63	0,73
		12	37,51	0,68	48,37	1,12
	205	3	38,69	1,97	47,98	1,03
		6	51,58	5,13	49,20	1,36
		9	52,33	7,82	55,49	0,71
		12	53,30	4,09	54,77	0,49

Uygulanan sıcaklık ve sürenin artmasına paralel olarak radyal yönde de tıpkı teğet yönde olduğu gibi toplam renk değişimi değerlerinin arttığı ve özellikle bu artışın 160 °C'den sonraki sıcaklıklarda yapılan muamelelerde hızlandığı görülmektedir.

Toplam renk değişimi üzerine deney koşullarının etkisini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Toplam renk değişimi (ΔE^*ab) çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi ($P \leq 0,05$)
A	5982,73	1	5982,73	1120,09	0,00
B	658,88	1	658,88	123,36	0,00
C	132268,08	5	26453,62	4952,67	0,00
D	3698,19	3	1232,73	230,79	0,00
A * B	126,40	1	126,40	23,66	0,00
A * C	795,36	5	159,07	29,78	0,00
B * C	198,18	5	39,64	7,42	0,00
A * B * C	314,52	5	62,90	11,78	0,00
A * D	13,82	3	4,61	0,86	0,46
B * D	8,07	3	2,69	0,50	0,68
A * B * D	41,29	3	13,76	2,58	0,05
C * D	872,71	15	58,18	10,89	0,00
A * C * D	258,69	15	17,25	3,23	0,00
B * C * D	374,33	15	24,96	4,67	0,00
A * B * C * D	322,05	15	21,47	4,02	0,00
Error	2563,82	480	5,34		
Total	500080,42	576			

A: Tür (Sarıçam, Kestane)
B: Yön (Teğet, radyal)
C: Sıcaklık (0-130-145-160-175-190-205°C)
D: Süre (0-3-6-9-12 saat)

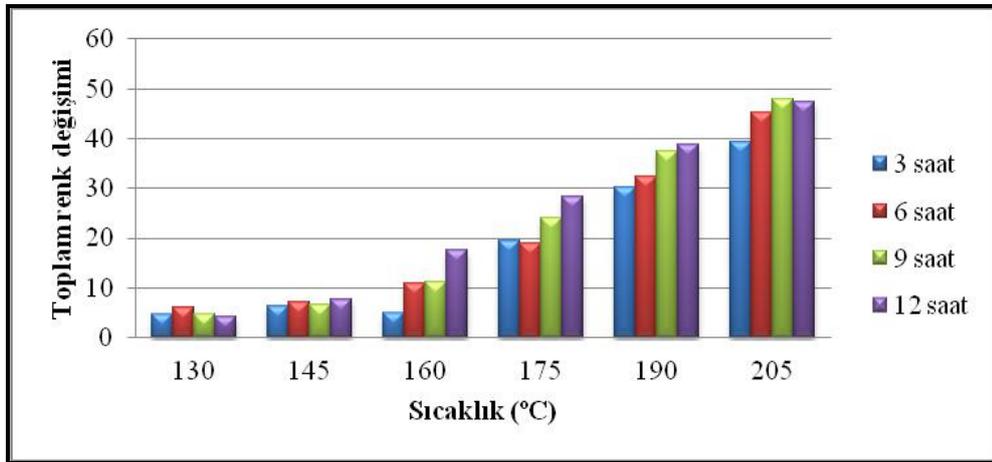
Çoklu varyans analizi sonucuna göre odun türü, deney materyali kesiş yönü, ısı işlem sıcaklığı ve süresinin toplam renk değişimine etkisi % 95 güven aralığında önemli olduğu belirlenmiştir.

Deney koşullarının toplam renk üzerine etkisinin önem derecesini belirlemek için Duncan testi yapılmış ve Çizelge 4.20'de verilmiştir.

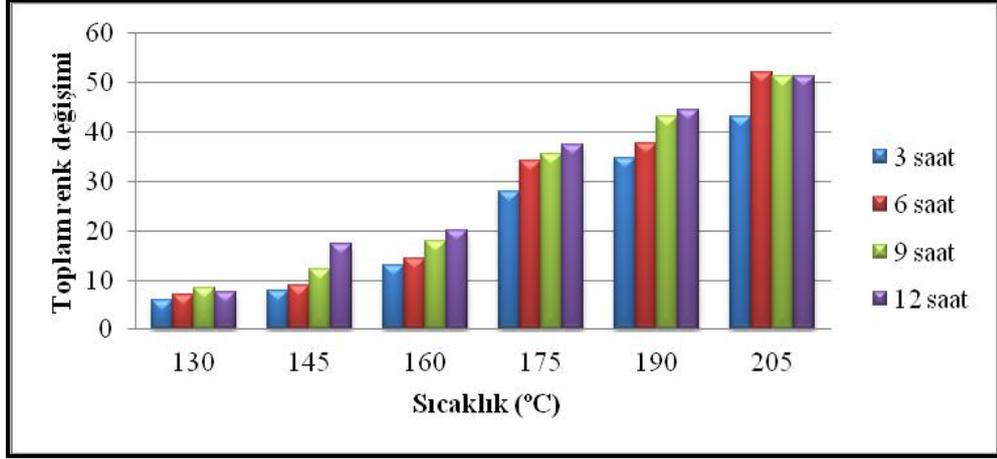
Çizelge 4.20. Toplam renk değişimi (ΔE^*ab) Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulları		Ortalama	HG (Homojenlik grubu)
Sıcaklık (°C)	130	7,98	A
	145	10	B
	160	14,73	C
	175	28,25	D
	190	38,42	E
	205	48,82	F
Süre (saat)	3	19,90	A
	6	24,15	B
	9	26,02	C
	12	27,74	D

Bu sonuçlara göre ısıtma işlem sıcaklığı değerlendirildiğinde (ΔE^*ab) değerlerinde diğer örneklerle göre en fazla artışın 205°C’de ısıtma işlem görmüş örneklerde, en az artışın ise 130°C’de örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir. Isıtma işlem süresine göre değerlendirildiğinde ise (ΔE^*ab) değerlerinde kontrole örneklerine oranla en fazla artışın 12 saat ısıtma işlem görmüş örneklerde, en az artışın ise yine 3 saat muamele gören örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir. Isıtma işlem görmüş sarıçam ve kestane odunlarının sıcaklık ve süreye bağlı olarak teğet yöndeki toplam renk değişimi (ΔE^*ab) sırasıyla Şekil 4.9’da ve Şekil 4.10’da verilmiştir.



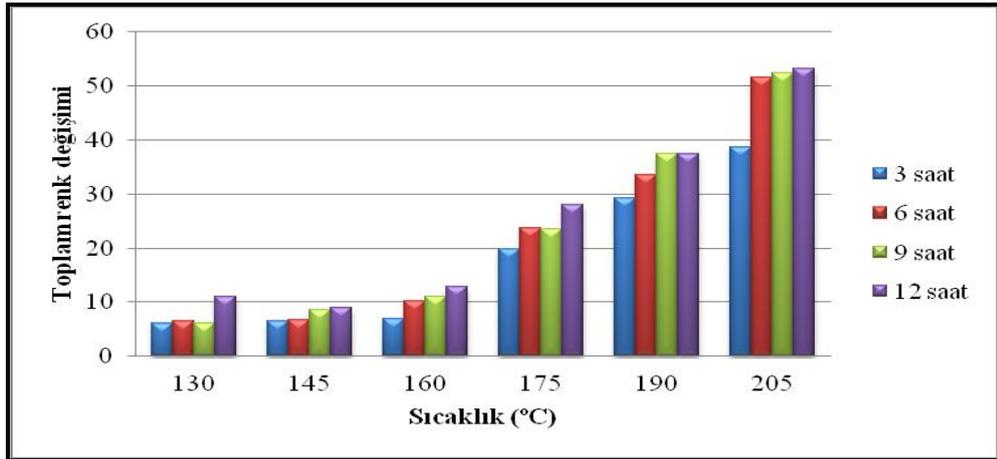
Şekil 4.9. Sarıçam odununun teğet yöndeki toplam renk değişimi.



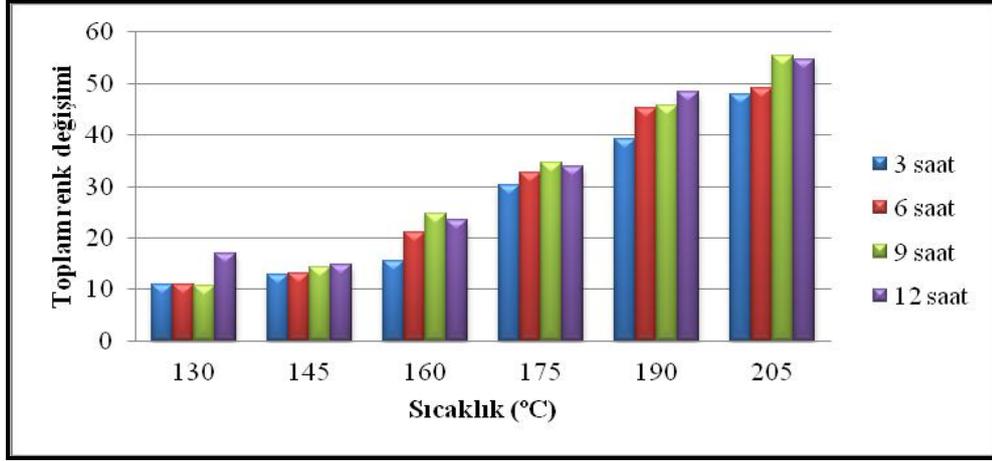
Şekil 4.10. Kestane odununun teğet yöndeki toplam renk değışimi.

Sarıçam ve kestane odunlarının teğet yöndeki toplam renk değışiminin en yüksek değeri 205°C sıcaklıkta 9 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonunda sarıçam odununda 47,87, kestane odununda ise 51,42 değeri belirlenmiştir.

Sıcaklık ve süre etkenlerine bağı olarak sarıçam ve kestane odunlarının radyal kesitteki toplam renk değışimi (ΔE^*ab) sırasıyla Şekil 4.11’de ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Sarıçam odununun radyal yöndeki toplam renk değışimi.



Şekil 4.12. Kestane odununun radyal yöndeki toplam renk değışimi.

Isıl işlem uygulanmış sarıçam odununun radyal yöndeki toplam renk değışiminin en yüksek değeri 205°C sıcaklıkta 12 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonunda 53,30, kestane odununda ise 55,49 olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre kestane odununun sarıçam odununa göre daha çok koyulaştığı anlaşılmaktadır. Bu durumun onun kimyasal yapısından dolayı olduğu söylenebilir. Çalışmada kullanılan ısıl işlem sıcaklığındaki değışim toplam renk değışimine etkisi yine çalışmada kullanılan süredeki değışimden daha etkili olduğu söylenebilir.

Şimdiye kadar yapılan birçok çalışmada ısıl işlem sonrası renk değışimi sonuçları L* değeri düşmüş a* ve b* değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. (Johanson and Mor'en 2006)

Mitsui (2006), ladin örneklerinin rengindeki değışim ısıl işlem ve ışık etkisiyle belirlemiştir. Isıl işlem sonucunda L*, a* ve b* değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Isıl işlemden sonra ışık muamelesi sonucunda L* ve a* değerlerinde düşüş gözlenmesine rağmen b* değerleri ısıl işlem sırasında ciddi bir düşüş olduğu belirtmişlerdir. Sehlstedt-Persson (1995), ladin ve çam odunlarına 60°C ve 90°C sıcaklıklarda 4 saatte ısıl işlem uygulamıştır. Deneyle sonucunda, sarıçam ve kestane odunlarındaki renk değışimleri odundan sızan ekstraktif maddelerin neden olduğu düşünülmektedir. Sonuçta, ısıl işlem süresince suyunu kaybeden ekstraktif maddeler ve hemiselülozların hidrolizlerinden dolayı bazı renk değışimleri meydana geldiği belirlenmiştir.

4.4. EĞİLME DİRENCİ

Sarıçam ve Kestane odunu türlerinden hazırlanan deney örnekleri 130, 145, 160, 175, 190 ve 205 °C sıcaklıklarda 3, 6, 9 ve 12 saat sürelerle yapılan ısıl işlemin sonunda belirlenen eğilme dirençlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Deney Koşulları		Sarıçam		Kestane	
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma
Kontrol	0	81,82	5,51	77,35	8,25
130	3	76,28	7,46	73,49	7,59
	6	78,85	14,10	72,47	12,35
	9	75,93	13,16	69,42	16,37
	12	72,22	14,05	59,38	14,93
145	3	81,38	15,00	69,40	9,88
	6	77,36	5,98	58,89	15,45
	9	76,52	11,88	58,08	12,19
	12	71,05	15,77	56,16	8,46
160	3	74,82	9,19	65,88	15,76
	6	72,48	12,32	61,19	19,30
	9	68,45	8,78	58,07	8,20
	12	65,22	10,91	55,08	10,45
175	3	68,90	15,74	59,89	13,30
	6	63,08	14,48	55,53	14,85
	9	57,42	14,96	48,60	15,45
	12	56,50	11,55	48,11	11,21
190	3	68,97	6,79	51,11	8,54
	6	59,02	8,81	45,40	9,51
	9	50,36	10,03	44,79	10,97
	12	45,04	10,38	45,99	8,27
205	3	64,80	8,48	49,53	7,75
	6	59,08	15,52	40,48	7,77
	9	49,17	11,57	34,82	11,26
	12	43,10	9,95	33,81	9,30

Isıl işlem uygulanmamış sarıçam odunu kontrol örneklerinin eğilme direnci değerleri 81,8 N/mm² iken kestane odunu kontrol örneklerinin eğilme direnci değeri 77,35 N/mm² olduğu tespit edilmiştir. Her iki odun türünde ısıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direnci değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Sarıçam odununda

görülen en düşük eğilme direnci değeri (43,10 N/mm² olarak) 205 °C ‘de 12 saat süre ile ısıtılma tabii tutulan örneklerde belirlenmiştir. Aynı koşullarda kestane odunundan hazırlanan örneklerin eğilme direnci değeri 33, 81N/mm² olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan ısıtılma koşullarının eğilme direnci üzerine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Eğilme direncine ait çoklu varyans analiz sonuçları.

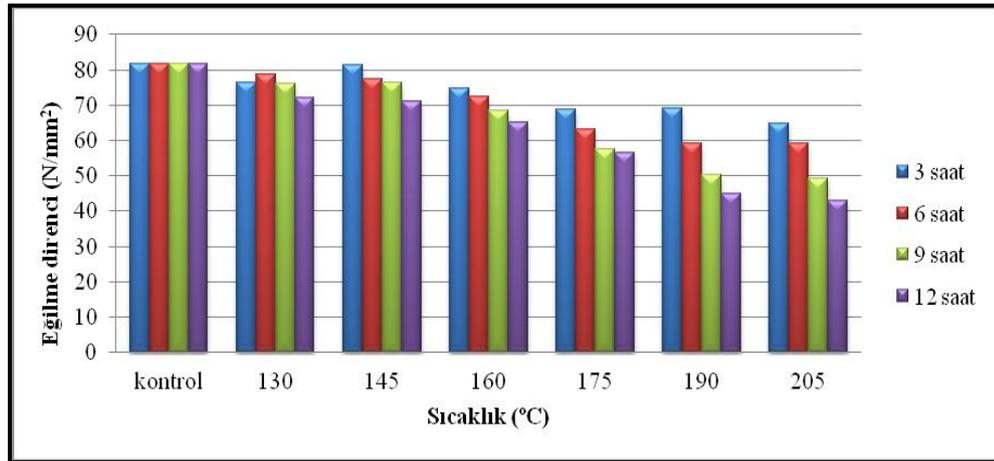
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	14078,25	1	14078,25	99,67	0
B	64757,28	5	12951,46	91,69	0
C	17528,84	3	5842,95	41,37	0
A * B	1977,56	5	395,51	2,8	0,02
A * C	304,76	3	101,59	0,72	0,54
B * C	2416,35	15	161,09	1,14	0,32
A* B * C	2422,4	15	161,49	1,14	0,31
Error	104524,9	740	141,25		
Total	3143010	790			
A: Tür (Sarıçam, Kestane) B: Sıcaklık (0-130-145-160-175-190-205°C) C: Süre (0-3-6-9-12 saat)					

Yapılan çoklu varyans analizi sonucuna göre kullanılan ağaç türü, ısıtılma sıcaklığı, ısıtılma süresi, ağaç türü ve sıcaklık değerlerinin eğilme direnci üzerine etkisi % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur. Anlamlı bulunan grupların önem derecesini belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Eğilme direncine ait Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulu		Ortama (N/mm ²)	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	205	46,84	A
	190	51,33	B
	175	57,25	C
	160	65,14	D
	145	68,60	DE
	130	72,23	E
	0	79,58	F
Süre (saat)	12	54,30	A
	9	57,63	A
	6	61,98	B
	3	67,03	C
	0	79,58	D

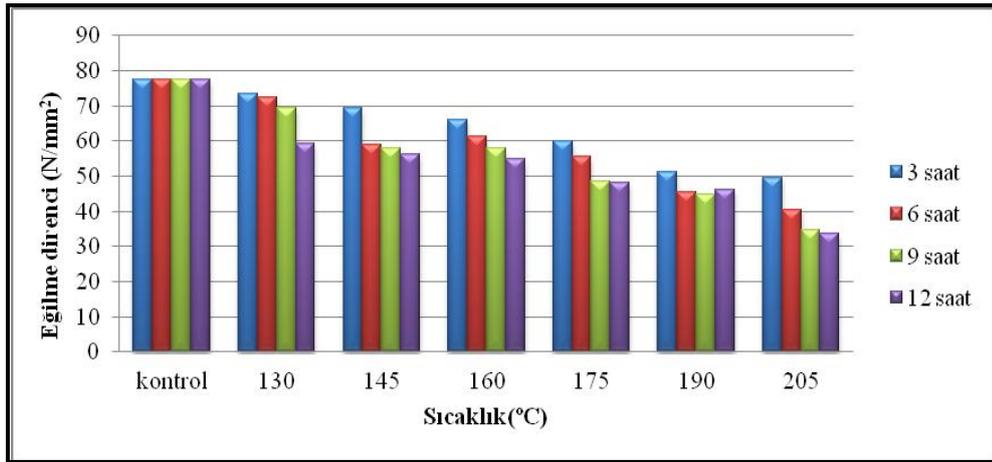
Duncan testi sonuçlarına göre eğilme direnci üzerine anlamlı bulunan deney koşulları farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. Isıl işlem süresi ve sıcaklığının artması ile örneklerin eğilme direnci değerlerinde azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.13’de ısıl işlem koşullarına bağlı olarak sarıçam odunundan hazırlanan örneklerin eğilme direncindeki değişim verilmiştir.



Şekil 4.13. Sarıçam odununa ait eğilme direnci değişimi.

Isıl işleme tabi tutulan sarıçam odununun test örneklerinde, eğilme direnci değerlerinin kontrole göre azaldığı belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak eğilme direnci değerlerindeki azalma oranlarında da artış

kaydedilmiştir. Sarıçam odunu için yapılan bütün ısıl işlem kombinasyonları incelendiğinde eğilme direnci kaybı kontrol örneklerine oranla yaklaşık olarak % 5'lerden % 48'lere kadar azaldığı tespit edilmiştir. En fazla azalma 205 °C'de yapılan ısıl işlem muamelelerinde olduğu görülmüştür. Kestane odunundan hazırlanan deney örneklerinin ısıl işlem koşullarına bağlı olarak eğilme direncindeki değişim Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Kestane odununa ait eğilme direnci değişimi.

Benzer şekilde sarıçam odununda olduğu gibi kestane odunu içinde sıcaklığın ve sürenin artmasına paralel olarak en fazla azalma 205°C'de yapılan ısıl işlem muamelelerinde olduğu belirlenmiştir. Kestane odunlarının eğilme direnci kaybı bütün ısıl işlem kombinasyonları incelendiğinde yaklaşık olarak % 5'lerden % 57'lere kadar azaldığı belirlenmiştir.

Gündüz vd. (2009), yaptıkları çalışmada ahlat odununa ısıl işlemin etkisini incelemişler ve sonuç olarak; 160 °C'de 2 saat ısıl işlem uygulamasının eğilme direncini % 7,42 azalttığını tespit etmişlerdir. Bekhta and Niemz (2003), kayın odununu ısıyla muamele etmiş ve ısıl işlem sıcaklığı 200 °C'ye yaklaştıkça eğilme direncindeki düşüşün % 5-40 arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Şahin Kol (2010), çam ve göknar odunlarını 212 ve 190 °C' de 2 saat süre ile ThermoWood ısıl işlem yöntemi ile muamele etmiş, fiziksel ve mekanik özelliklerini

incelemiştir. Sonuç olarak, ısıt işlemin eğilme direncini azalttığını belirtmiştir. Çam odunu için % 59,5 ve göknar odunu için % 13 azalmalar kaydetmiştir.

Çaliova, (2011), kızılağaç ve ladin odunlarından oluşan üç farklı sıcaklıkta (190,205 ve 212°C) ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısıt işleme tabi tutmuş ve eğilme direncinin en fazla azaldığı ısıt işlem sıcaklığının 212°C olduğu belirlemiştir.

Esteves vd, (2007), sahil çamı ve okaliptüs odun örnekleri hava ortamında buharla birlikte otoklav içerisinde 2-12 saat ve 190-210°C arasındaki sıcaklıklarda ısıtla muamele etmiş ve sonuçta odunun eğilme direncinde ciddi düşüşler olduğu görülmüştür.

Johansson and Mor'en (2006), 175 ve 200°C sıcaklıklarda 1, 3 ve 10 saat huş odunu muamele edilerek renk ve direnç özelliklerinin nasıl etkileneceği araştırılmıştır. Sonuçta, eğilme direnci değerinin 200°C de 3 saat süren ısıt muamelede maksimum oranda (% 43) düşmenin olduğunu belirtmişlerdir.

Isıt işlem sonrası eğilme direncindeki azalmanın esas nedeni hemiselülozların degradasyonuna bağlanmaktadır. Isıt işlem sıcaklığının artışı ile birlikte eğilme direncindeki azalma artar (Winandy and Lebow, 2001; Winandy and Morelli 1993). Hemiselülozların bozunması malzeme bileşenleri arasında çapraz bağlanma reaksiyonlarına, mikrofibrillerin kristalizasyonuna ve mikrofibrillerde biriken gerilimin azalmasına neden olur (Dwianto vd, 1996).

Sonuç olarak, ısıt işlem süresi ve sıcaklığının artması ile eğilme direnci değerinde meydana gelen düşüş literatür ile uyum halinde olduğu görülmüştür.

4.5. EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ

Sarıçam ve Kestane odunu türlerinden hazırlanan deney örnekleri 130- 145- 160- 175- 190 ve 205 °C sıcaklıklarda 3- 6- 9 ve 12 saat sürelerle bekletilmesi sonucunda belirlenen eğilmede elastikiyet modülüne ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Eğilmede elastikiyet modülü (EMO) değerleri (N/mm²).

Deney Koşulları		Sarıçam		Kestane	
Sıcaklık (°C)	Süre	EMO (N/mm ²)	Standart sapma	EMO (N/mm ²)	Standart sapma
Kontrol (0)	0	8088,08	1989,20	6851,59	1034,17
130	3	8474,79	1519,81	7010,71	1642,95
	6	8436,58	1525,66	9027,66	1867,82
	9	8110,78	1441,31	6912,58	1707,87
	12	7915,15	1541,06	6482,16	1822,13
145	3	8478,68	1446,95	7415,40	1307,52
	6	5447,49	640,82	6080,20	1717,42
	9	5477,48	950,14	6726,84	1486,68
	12	5467,64	1118,57	6743,45	1147,62
160	3	5200,05	652,46	4486,21	704,71
	6	5117,91	564,28	4816,94	746,79
	9	5264,71	653,65	5143,41	687,80
	12	5172,07	876,50	4457,32	560,71
175	3	5143,92	1097,93	4455,64	707,17
	6	5127,01	852,03	4807,83	964,85
	9	4769,17	999,07	4408,87	659,82
	12	5028,90	573,50	4478,08	818,11
190	3	5874,68	952,98	4417,95	458,50
	6	4833,24	681,39	4264,57	673,42
	9	4811,57	638,09	4400,35	761,68
	12	4964,62	627,17	4361,86	599,95
205	3	5654,15	609,76	4109,69	613,94
	6	5389,69	830,7	3731,19	814,49
	9	5328,68	946,73	3802,58	689,91
	12	4876,17	644,20	4074,20	598,56

Isıl işlem görmüş Sarıçam ve Kestane odununun 130°C’de 3, 6, 9 saat ve 145°C’de 3 saat muamele gören test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin bir miktar yükseldiği, ancak daha sonra artan ısıl işlem süresi ve ısıl işlem sıcaklığına bağlı olarak tekrardan azaldığı belirlenmiştir. Sarıçam odununun en düşük eğilmede

elastikiyet modülü değeri 9 saat süre ile 175 °C ‘de 4769,57 N/mm², en yüksek değerin ise 3 saat süre ile 145 °C de ısıtım işlem görmüş deney örneklerinde 8478, 68 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Kestane odunundan elde edilen deney örneklerini eğilmede elastikiyet modülü değerleri 9027,66 N/mm² ile 3731,19 N/mm² arasında değiştiği tespit edilmiştir. Isıtım işlem sıcaklığı dikkate alındığında ise 130°C’ye kadar ısıtım işlem sıcaklığı arttıkça eğilmede elastikiyet modülünün arttığı, ancak sıcaklığın 130°C’den sonra 205°C’ye kadar kademe kademe arttırılması ile elastikiyet modülü değerlerinde önemli miktarda azalmanın olduğu her iki ağaç türü için de söylenebilir.

Çalışmada kullanılan odun türü, ısıtım işlem sıcaklığı ve süresinin eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4,25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Eğilmede elastikiyet modülüne ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	61397876,86	1	61397876,86	54,76	0,00
B	1072011401,14	5	214402280,23	191,23	0,00
C	34488467,57	3	11496155,86	10,25	0,00
A * B	64191000,93	5	12838200,19	11,45	0,00
A *C	22678989,24	3	7559663,08	6,74	0,00
B * C	117621784,18	15	7841452,28	6,99	0,00
A* B * C	41490807,90	15	2766053,86	2,47	0,00
Error	829654722,18	740	1121155,03		
Total	27240713000,20	790			

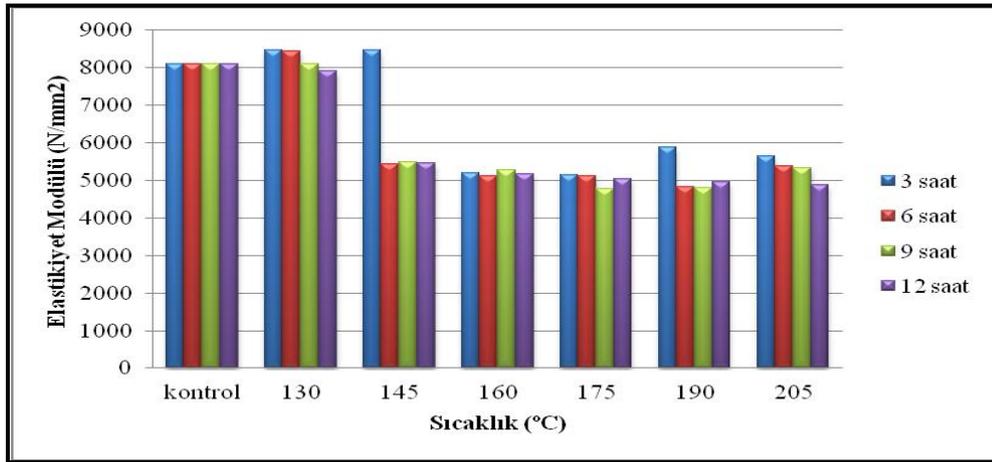
A: Tür (Sarıçam, Kestane)
B: Sıcaklık (0-130-145-160-175-190-205°C)
C: Süre (0-3-6-9-12 saat)

Çoklu varyans analizine göre kullanılan ağaç türü, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin hepsinde eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisinin % 95 güven aralığında anlamlı olduğu belirlenmiştir. Belirlenen farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Elastikiyet modülüne ait Duncan testi sonuçları.

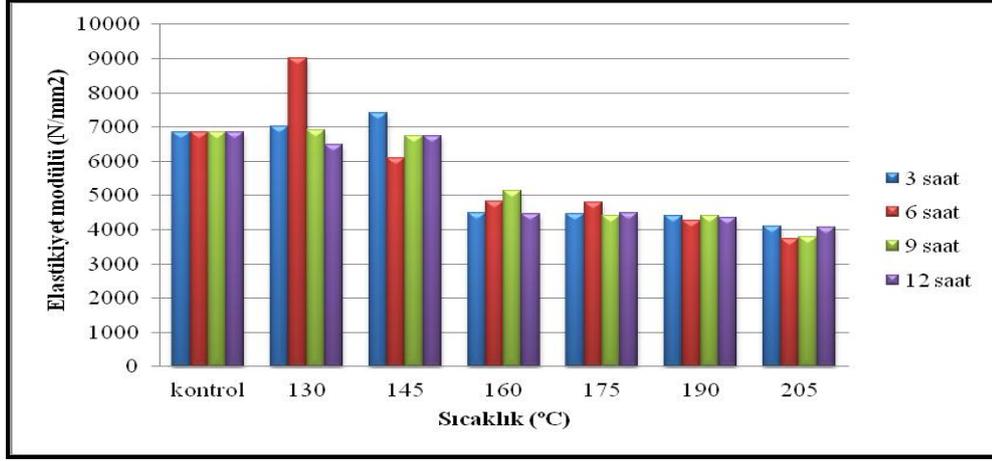
Deney Koşulu		EMO (N/mm ²)	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	205	4620,79	A
	190	4741,10	A
	175	4777,42	A
	160	4957,32	A
	145	6479,64	B
	0	7469,83	C
	130	7796,29	C
Süre (saat)	12	5335,13	A
	9	5429,75	A
	6	5590,02	AB
	3	5893,48	AB
	0	7469,83	C

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre, ısıl işlem sıcaklıkları dikkate alındığında 205-190-175 ve 160°C sıcaklık uygulamalarının hepsinde eğilmede elastikiyet modülü üzerine aynı etkiyi yaptığı söylenebilir. Şekil 4.15’de sarıçam, Şekil 4.16’da ise kestane odunundan hazırlanan test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülündeki değişim verilmiştir.



Şekil 4.15. Sarıçam odununa ait elastikiyet modülü değişimi.

Grafik incelendiğinde sıcaklığın arttırılmasıyla 145°C - 3 kombinasyonundan sonra yapılan ısıl işlemlerde elastikiyet modülü değerlerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.16. Kestane odununa ait elastikiyet modülü değişimi.

Kestane odunundan hazırlanan deney örneklerinin 130°C sıcaklıkta ısıl muameleye tabi tutulması durumunda EMO değerlerinin arttığı ancak özellikle 160 °C'den sonraki muamelelerde ani azalma olduğu gözlemlenmiştir. Sarıçam ve kestane odunları için EMO'daki değişimin birbirine paralel olduğu görülmüştür.

Özçifçi vd. (2009), 3 farklı sıcaklıklarda (150, 170, 190 °C) ve 3 farklı sürelerde (4, 6, 8) sarıçam odunu ile yaptıkları çalışmada ısıl işlem sonrasında EMO değerinde % 0,1 ile % 12,4 arasında azalmanın olduğunu tespit etmişlerdir. Isıl işlem süresi ve sıcaklığının artışı EMO'deki azalışını da arttırmaktadır. Fakat, bu artışta tam doğrusal bir ilişkinin olmadığı söylemişlerdir.

Bekhta and Niemz (2003), kayın odununun mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçta, kayın odununun eğilmede elastikiyet modülündeki düşüşün % 4–9 oranları arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Esteves et al. (2007), sahil çamı ve okalıptüs odun örnekleri hava ortamında buharla birlikte otoklav içerisinde 2-12 saat ve 190-210 °C arasındaki sıcaklıklarda ısıyla muamele etmişler. Sonuçta, elastikiyet modülünün çamda % 5, okalıptüste % 15 oranında azaldığını belirtmişlerdir.

Chang ve Keith (1978), ılımlı ısıtılma sonucu odun örneklerinin elastikiyet modülünün önemsiz oranda arttığını ancak çok yüksek sıcaklıklardaki muamelelerin ise elastikiyet modülünde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada bulunan sonuçlara göre elastikiyet modülü kontrol deney örneklerine göre ısıtılma sıcaklığı ve süresi arttıkça önce nispeten kısmi bir artış göstermekte ancak daha sonra önemli derecede düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler literatür ile uyum içindedir.

4.6. LİFLERE PARALEL BASINÇ DİRENCİ

Sarıçam ve Kestane odunu türlerinden hazırlanan deney örneklerinden ısıtılma işlemi öncesi ve ısıtılma işlemi sonrasında (130- 145- 160- 175- 190 ve 205 °C sıcaklıklarda 3- 6- 9 ve 12 saat) belirlenen liflere paralel basınç direncine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm²).

Deney Koşulları		Sarıçam		Kestane	
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Ortalama (N/mm ²)	Standart sapma	Ortalama (N/mm ²)	Standart sapma
0	0	0,114	0,007	0,101	0,009
130	3	0,126	0,018	0,136	0,011
	6	0,120	0,013	0,140	0,015
	9	0,124	0,018	0,138	0,014
	12	0,125	0,012	0,133	0,015
145	3	0,127	0,022	0,132	0,020
	6	0,128	0,010	0,131	0,022
	9	0,132	0,021	0,136	0,020
	12	0,128	0,016	0,131	0,016
160	3	0,123	0,009	0,130	0,015
	6	0,127	0,016	0,136	0,011
	9	0,136	0,013	0,141	0,015
	12	0,128	0,013	0,133	0,011
175	3	0,136	0,017	0,139	0,012
	6	0,134	0,019	0,135	0,015
	9	0,128	0,014	0,128	0,013
	12	0,125	0,008	0,126	0,012
190	3	0,127	0,020	0,124	0,018
	6	0,127	0,009	0,118	0,013
	9	0,132	0,014	0,121	0,020
	12	0,124	0,010	0,122	0,019
205	3	0,132	0,007	0,126	0,016
	6	0,134	0,010	0,117	0,015
	9	0,131	0,014	0,119	0,016
	12	0,124	0,009	0,110	0,009

Genel olarak ısıtılma işlemi sıcaklığı arttıkça basınç direncinin arttığı görülmektedir. Isıtılma işlemi görmüş Sarıçam odununda en yüksek basınç direnci (0,136 N/mm²) 160 °C ve

9 saat süre ile ısıtma işlemi yapılan koşulları ile 175 °C ve 3 saat süre ile ısıtma işlemi yapılan koşullarda olduğu belirlenmiştir. Her iki tür içinde en düşük liflere paralel basınç direnci kontrol gruplarında olduğu belirlenmiştir. Uygulanan ısıtma işlemi koşullarının liflere paralel basınç direnci üzerine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Liflere paralel basınç direnci ait çoklu varyans analizi sonuçları.

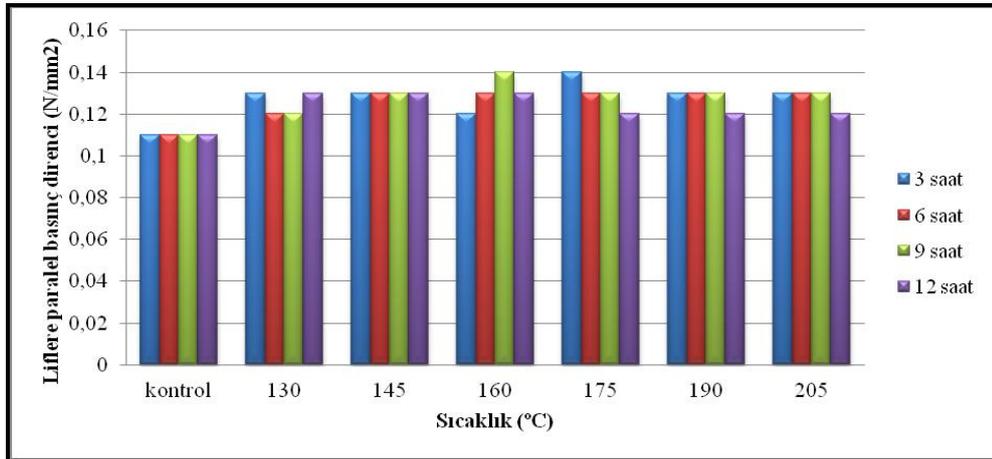
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi (P≤0,05)
A	0,00	1	0,00	0,61	0,43
B	0,01	5	0,00	6,81	0,00
C	0,00	3	0,00	3,53	0,01
A * B	0,01	5	0,00	11,11	0,00
A * C	0,00	3	0,00	0,29	0,83
B * C	0,01	15	0,00	1,74	0,04
A * B * C	0,00	15	0,00	0,45	0,96
Error	0,15	700	0,00		
Total	12,46	750			
A: Tür (Sarıçam, Kestane)					
B: Sıcaklık (0–130-145-160-175-190-205°C)					
C: Süre (0–3-6-9-12 saat)					

Çoklu varyans analizine göre kullanılan ağaç türünün liflere paralel basınç direncine etkisi %95 güven aralığında anlamsız iken, ısıtma işlemi sıcaklığı ve ısıtma işlemi süresinin etkisi ise % 95 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Belirlenen farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.29’ da verilmiştir.

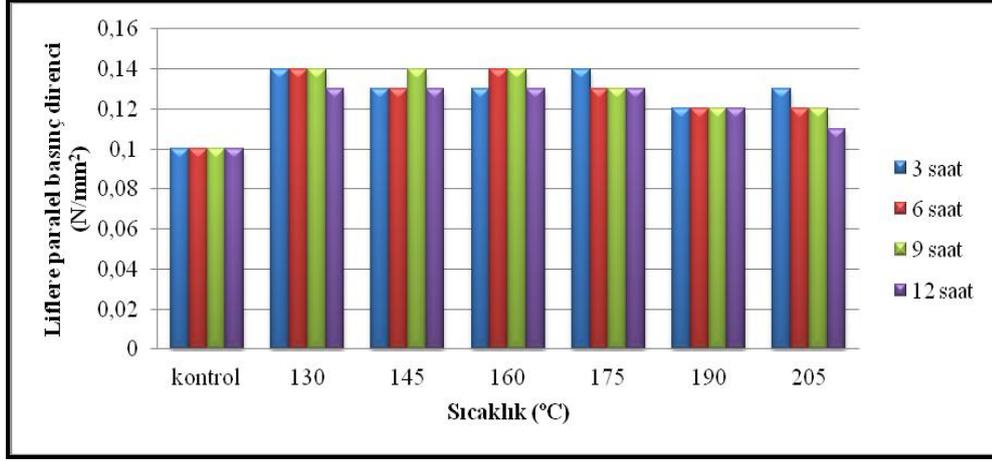
Çizelge 4.29. Liflere paralel basınç direnci ait Duncan testi sonuçları.

Deney Koşulu		Ortalama (N/mm ²)	HG (Homojenlik grupları)
Sıcaklık (°C)	0	0,107	A
	205	0,124	B
	190	0,124	B
	130	0,130	C
	145	0,130	C
	175	0,131	C
	160	0,131	C
Süre (saat)	0	0,107	A
	12	0,125	B
	6	0,128	B
	3	0,129	B
	9	0,130	B

Yapılan duncan testi sonuçlarına göre liflere paralel basınç direnci üzerine anlamlı bulunan deney koşullarının bazıları aynı bazıları ise farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. Duncan testi sonuçlarına göre ısıtma işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça liflere paralel basınç direnci değerlerinde bir yükseliş olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, ısıtma işlem süresinin 12 saat olarak uygulanması durumunda liflere paralel basınç direncinin tekrardan düştüğü görülmüştür. Isıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak sarıçam ve kestane odunlarının liflere paralel basınç direncindeki değişim sırasıyla Şekil 4,17’de ve Şekil 4,18’de gösterilmiştir.



Şeki 4.17. Sarıçam odununun liflere paralel basınç direnci değişimi.



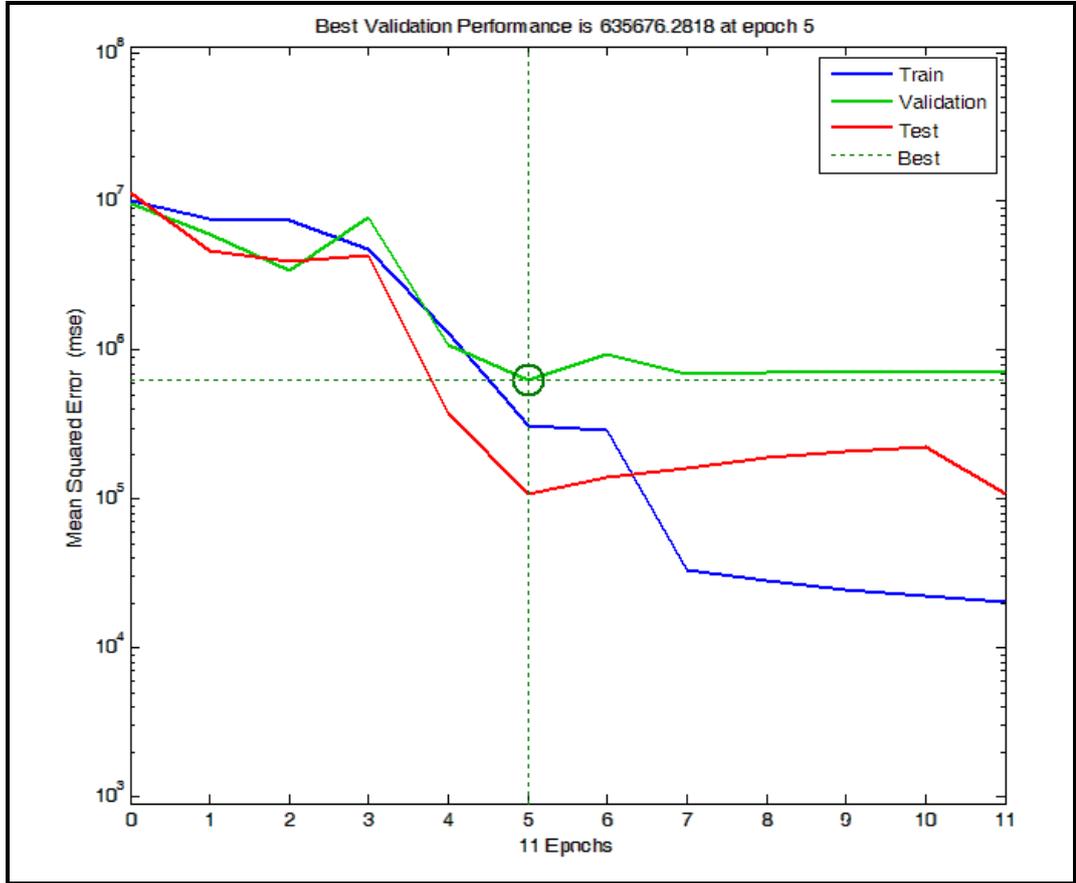
Şekil 4.18. Kestane odununun liflere paralel basınç direnci değişimi.

Gündüz vd (2009), ahlat odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini incelemişler ve sonuç olarak; 160 °C’de 2 saat ısı işleme basınç direncinin % 7,55 azaldığını tespit etmişlerdir. Ünsal ve Ayrılmış (2005), termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun hava kurusu yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü ve liflere paralel basınç direnci üzerinde ısı işlemin etkisi araştırmıştır. Sonuçta, ısı işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça; basınç direnci, yoğunluk ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Güller et al (2007), 120, 150 ve 180 °C sıcaklıklarda ve 2–6 ve 10 saat süreyle sarıçamı muamele etmişler ve basınç direncinde en yüksek kaybının 180°C de 10 saat bekletilen örneklerde % 25,40 oranında olduğunu belirlemiştir. Yıldız (2002), 130, 150 ve 200°C sıcaklıklarda kayın ve ladin odununun ısıyla muamele etmiş ve en az düşüşün 130 °C 6 saat kombinasyonda ve en yüksek kaybında 200°C sıcaklık ve 10 saatlik muamele kombinasyonunda % 36 olarak belirlemiştir.

Odunun basınç direnci azalmalar ısı işlem süresince meydana gelen madde kaybı ve termal parçalanmayla yakından ilgili olduğu bir gerçektir. Ancak direnç kaybındaki en önemli etken lignin ve selülozdan çok daha hassas olan hemiselülozun degradasyonundan kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı ısı işlem süresince hemiselülozdaki değişimler odunun direnci üzerine önemli rol oynar (Kotilainen, 2000).

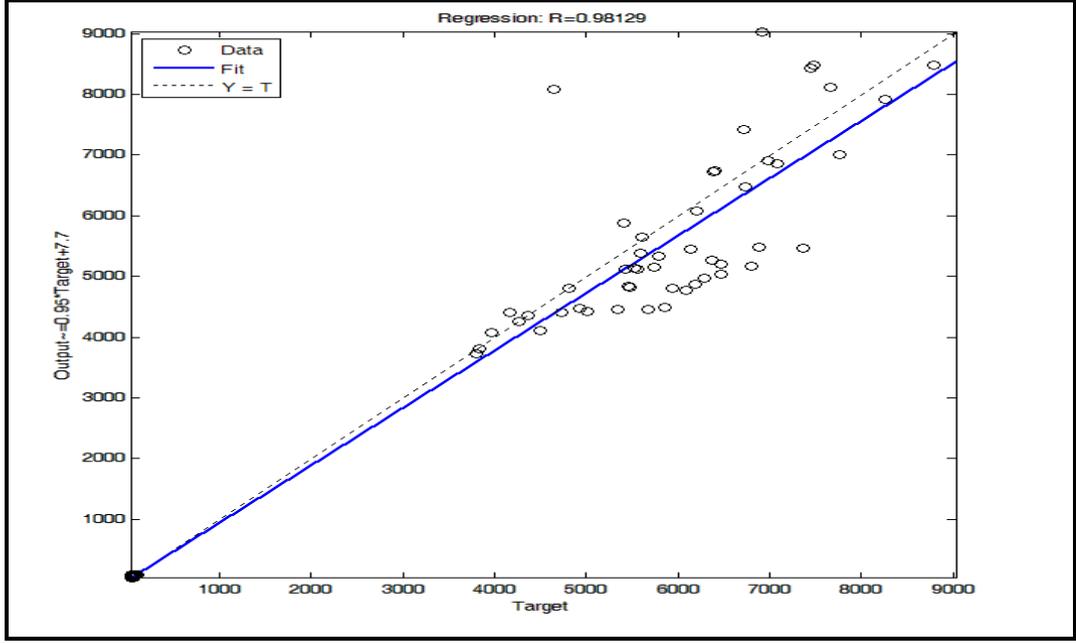
4.7. YAPAY SİNİR AĞLARI YAKLAŞIMINA AİT BULGULAR

Yapılan çalışmada, mekanik özelliklere ait bulgular kullanarak yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Modelin oluşturulmasında giriş değerleri olarak ısıtma işlem koşulları, çıkış değerleri olarak liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri kullanılmıştır. Liflere paralel yönde basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri için seçilen yapay sinir ağlarının iterasyona bağlı hata değişim miktarı ve regresyon değeri sırasıyla Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir.



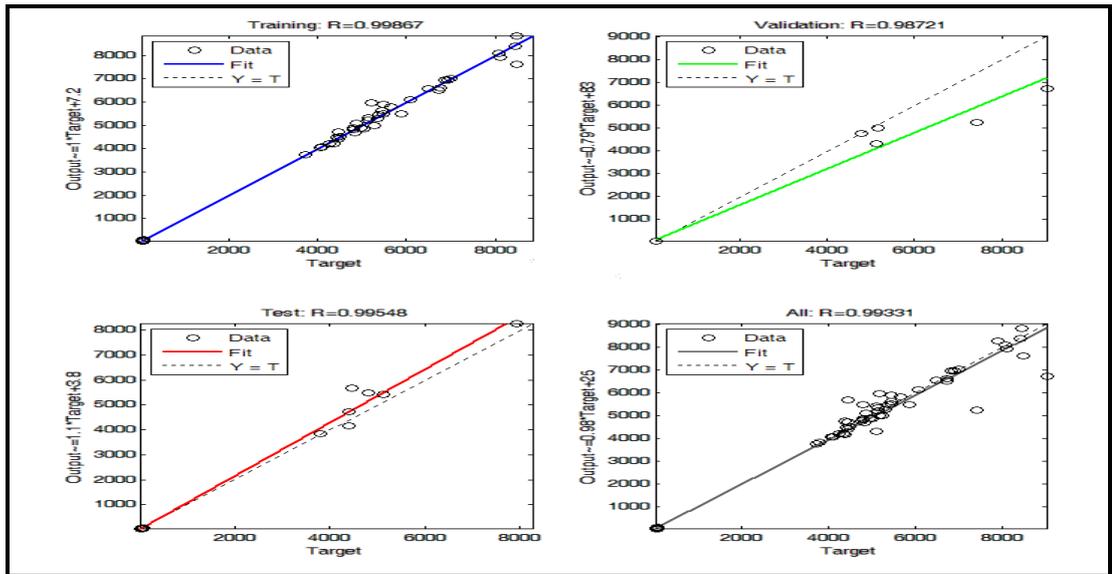
Şekil 4.19. Yapay sinir ağlarının iterasyona bağlı hata değişim grafiği.

Grafik incelendiği zaman sistemin doğruluk (validation) değerine paralel olduğu ve beş yaklaşımda olduğu görülmektedir. Eğitim doğrusu ve test hata iterasyona bağlı grafikte doğruluk eğrisi 5 epochs (yaklaşım) en yüksek seviyede olmuş ve bu noktada test ve eğitim eğrilerinden daha iyi değerde iken eğitim durdurulmuştur.



Şekil 4.20. Yapay sinir ağlarının regrasyon değeri.

Yapılan çalışmada regrasyon değerinin 1 yaklaştığı ve yaklaşık olarak 0,981 olduğu görülmektedir. Eğitim, doğrulama ve test verileri için liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değerlerini YSA kullanılarak hesaplanan değerler ile deneylerden elde edilen gerçek değerler arasındaki ilişki Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21. Liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne ait gerçek değerler ile YSA değerleri arasındaki ilişkisi.

Bu çalışmada, ısıl işlem uygulanmış sarıçam ve kestane odunlarından hazırlanmış deney örneklerinden liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri deneysel olarak belirlenmiştir. Daha sonra buna ait deneysel veriler kullanılarak, oluşturulan YSA yaklaşımı ile yukarıda belirtilen özellikler tahmin edilmiştir. Çizelge 4.30'da eğilme direnci, Çizelge 4.31'de eğilmede elastikiyet modülü ve Çizelge 3.32'de ise liflere paralel basınç direnci değerlerine ait hem deneysel veriler hemde YSA tahmini sonucu elde edilen veriler görülmektedir.

Çizelge 4.30. Eğilme direncine ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları.

Isıl işlem koşulları		Sarıçam			Kestane		
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Deney sonuçları (N/mm ²)	Yapay sinir ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)	Deney sonuçları (N/mm ²)	Yapay sinir ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)
Kontrol (0)	0	81,82	87,75	92,75	77,35	105,56	65,53
130	3	76,28	73,90	96,88	73,49	58,89	88,14
	6	78,85	73,76	93,54	80,28	49,67	61,87
	9	75,93	69,43	91,44	69,42	47,85	68,92
	12	72,22	62,66	96,76	59,38	57,99	97,64
145	3	81,38	70,94	87,17	69,40	55,68	80,14
	6	77,36	65,75	84,99	58,89	54,84	93,12
	9	76,52	70,14	91,66	58,08	46,21	79,57
	12	71,05	61,89	87,1	56,16	55,80	99,16
160	3	74,82	67,79	90,6	65,88	52,21	79,16
	6	72,48	61,18	84,4	61,19	59,94	97,96
	9	68,45	70,43	97,11	58,07	43,47	74,85
	12	65,22	61,47	94,75	55,08	53,41	96,97
175	3	68,90	64,47	93,57	59,89	48,47	80,93
	6	63,08	59,05	93,61	55,53	63,50	85,65
	9	57,42	70,05	88	48,60	40,58	83,50
	12	56,50	61,27	91,55	48,11	50,69	94,63
190	3	68,97	61,74	89,52	51,11	44,23	86,55
	6	59,02	58,09	98,42	45,40	65,13	56,53
	9	50,36	68,42	64,15	44,79	38,50	85,96
	12	45,04	61,20	64,11	45,99	47,58	96,54
205	3	64,80	60,80	93,82	49,53	39,18	79,10
	6	59,08	57,75	97,75	40,48	65,54	69,92
	9	49,17	64,93	67,94	34,82	37,63	91,93
	12	43,10	61,19	59,03	33,81	44,49	69,41
Doğruluk ortalaması (%)				87,62	Doğruluk ortalaması (%)		83,12

Isıl işlem görmüş sarıçam ve kestane odunundan hazırlanan test örneklerinin eğilme direncinde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçamda % 87,62, kestanede % 83,12 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Eğilmeye elastikiyet modülüne ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları.

Isıl işlem koşulları		Sarıçam			Kestane		
		Deneysel sonuçları (N/mm ²)	Yapay sınır ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)	Deneysel sonuçları (N/mm ²)	Yapay sınır ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)
Sıcaklık (°C)	Süre (saat)						
Kontrol (0)	0	8088,08	4653,02	91,47	6851,59	7083,32	96,62
130	3	8474,79	8790,95	96,27	7010,71	7764,90	89,24
	6	8436,58	7449,19	88,30	9027,66	6919,91	76,65
	9	8110,78	7665,48	94,51	6912,58	6978,18	99,05
	12	7915,15	8260,25	95,64	6482,16	6727,74	96,21
145	3	8478,68	7476,08	88,18	7415,40	6717,72	90,59
	6	5447,49	6131,25	87,45	6080,20	6210,16	97,86
	9	5477,48	6884,91	74,31	6726,84	6387,72	94,96
	12	5467,64	7362,22	83,35	6743,45	6410,06	95,06
160	3	5200,05	6464,49	75,68	4486,21	5860,99	69,36
	6	5117,91	5554,72	91,47	4816,94	5473,30	86,37
	9	5264,71	6376,19	78,89	5143,41	5532,77	92,43
	12	5172,07	6802,78	68,47	4457,32	5669,36	72,81
175	3	5143,92	5736,22	90,49	4455,64	5346,39	89,11
	6	5127,01	5422,36	94,24	4807,83	4819,24	99,76
	9	4769,17	6093,66	72,23	4408,87	4737,71	92,54
	12	5028,90	6471,56	71,31	4478,08	4932,43	89,85
190	3	5874,68	5403,30	91,98	4417,95	5015,19	86,48
	6	4833,24	5457,40	87,09	4264,57	4257,52	99,83
	9	4811,57	5937,56	76,60	4400,35	4167,25	94,70
	12	4964,62	6286,47	73,37	4361,86	4364,41	99,04
205	3	5654,15	5601,20	99,06	4109,69	4495,18	90,62
	6	5389,69	5587,21	96,34	3731,19	3808,95	97,11
	9	5328,68	5782,58	91,48	3802,58	3840,92	98,99
	12	4876,17	6193,96	72,97	4074,20	3975,54	97,58
Doğruluk ortalaması (%)				85,64	Doğruluk ortalaması (%)		91,71

Eğilmeye elastikiyet modülünde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçam için % 85,64 iken kestane için % 91,71 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Liflere paralel basınç direnci ait hem deneysel hemde YSA tarafından tahmin edilen ortalama değerler ve doğruluk oranları.

Isıl işlem koşulları		Sarıçam			Kestane		
Sıcaklık(°C)	Süre (saat)	Deneysel sonuçları (N/mm ²)	Yapay sınır ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)	Deneysel sonuçları (N/mm ²)	Yapay sınır ağı (N/mm ²)	Doğruluk (%)
Kontrol (0)	0	0,11	0,12	92,99	0,10	0,10	93,10
130	3	0,13	0,11	94,52	0,14	0,13	99,17
	6	0,12	0,10	91,76	0,14	0,13	94,73
	9	0,12	0,12	96,42	0,14	0,12	87,26
	12	0,13	0,14	83,40	0,13	0,12	95,87
145	3	0,13	0,11	93,23	0,13	0,13	96,46
	6	0,13	0,11	89,54	0,13	0,12	98,18
	9	0,13	0,12	96,14	0,14	0,12	98,44
	12	0,13	0,14	86,42	0,13	0,12	96,37
160	3	0,12	0,11	96,20	0,13	0,13	94,51
	6	0,13	0,12	94,84	0,14	0,12	92,97
	9	0,14	0,12	92,51	0,14	0,12	89,18
	12	0,13	0,14	86,99	0,13	0,12	96,83
175	3	0,14	0,12	89,35	0,14	0,13	99,89
	6	0,13	0,12	94,08	0,13	0,12	94,42
	9	0,13	0,12	98,17	0,13	0,12	98,25
	12	0,12	0,14	84,78	0,13	0,13	94,34
190	3	0,13	0,12	97,63	0,12	0,13	88,45
	6	0,13	0,12	97,97	0,12	0,13	89,51
	9	0,13	0,12	93,66	0,12	0,13	88,09
	12	0,12	0,14	84,63	0,12	0,13	88,00
205	3	0,13	0,12	97,99	0,13	0,14	85,91
	6	0,13	0,13	98,48	0,12	0,13	84,08
	9	0,13	0,12	98,48	0,12	0,13	83,47
	12	0,12	0,14	84,73	0,11	0,13	73,71
Doğruluk ortalaması (%)				92,59	Doğruluk ortalaması (%)		92,04

Liflere paralel basınç direncinde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçam odunu için % 92,59, kestane odunu için % 92,04 olarak tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ahşap materyalin en olumsuz özelliklerinden biri olan higroskopik yapısı sebebiyle sürekli hava ile rutubet alış verişi içerisinde olmasıdır. Ayrıca ahşap materyal böcek ve mantarlar tarafından tahrip edilmektedir. Bu tahribatları ortadan kaldırmak için yüzyıllardan beri süre gelen yöntem; ahşap materyalin ısı ile işleme tabi tutulmasıdır. Bu şekilde ahşap materyal dış ortam kullanımlarında daha fazla direnç sağlamaktadır.

Bu çalışmada Sarıçam ve Kestane odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı ile işlem uygulamasının etkileri incelenmiştir. Bunun için her odun türünden hazırlanan deney örnekleri 6 farklı sıcaklıkta (130, 145, 160, 175, 190 ve 205 °C) ve 4 farklı sürede (3, 6, 9 ve 12 saat) ısı ile işleme tabi tutulmuştur. Isı ile işlem görmüş sarıçam ve kestane odunlarının test örnekleri kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında;

Test örneklerinin 20 °C ± sıcaklıkla % 65 bağıl nem ortamındaki ulaştıkları denge rutubet miktarları kontrol örneklerine göre en yüksek azalma 205 °C'de 12 saat ısı ile işlem sonucunda sarıçamda %49, kestanede ise %51 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma, ısı ile işlem ile hemiselüloz ve selülozun amorf kısmındaki bozunmadan kaynaklandığı söylenebilir.

Isı ile işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça meydana gelen ağırlık kaybının da arttığı belirlenmiştir. En az ağırlık kaybı 130°C de ısı ile işlem görmüş deney örneklerinde görülürken, en yüksek ağırlık kaybı ise 205°C de ısı ile işlem görmüş deney örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Özellikle 175- 190 ve 205°C sıcaklıktaki yapılan ısı ile işlemde her iki odun türü içinde ağırlık kayıplarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. 175°C'de 12 saat muamele sonucu Sarıçam odununda %3,1 oranında ağırlık kaybı olurken kestane odununda % 4,2 oranında olmuştur. 205°C'de 12

saat muamele sonucunda ise sarıçam odununda %7,7, kestane odununda %12,3 oranlarında ağırlık kaybı tespit edilmiştir. Kestane odunu kimsayal içeriği itibariyle daha fazla ekstraktif madde içerdiğinden kütle kaybımında daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlem sıcaklığı arttıkça, deney örneklerinin kontrol örneklerine göre daha koyu bir renk aldıkları belirlenmiştir. Bu koyulaşmanın lignindeki parçalanmalardan dolayı kromoforik grupların sayısının artması sonucu olduğunu tahmin edilmektedir. Renk (L, a, b) değerleri en yüksek ısıl işlem koşullarındaki elde sonuçlar ile kontrol gruplarından elde edilen değerler ile kıyaslandığı zaman sarıçamda renk L* değerinde teğet yönde % 57,5, radyal yönde % 57,6 oranında azaldığı belirlenmiş, renk a*değerinde teğet yönde % 95, radyal yönde ise % 91 oranında artış görülmüş, renk b* değerinde teğet yönde % 45 azalma, radyal yönde ise % 52 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kestane odunundan elde edilen örneklerde ise renk L* değeri kontrol örneklerine göre teğet yönde % 65, radyal yönde % 63 oranında azaldığı tespit edilmiş, renk a*değeri teğet yönde % 73 radyal yönde ise % 65 oranında artış görülmüş, renk b* değeri teğet yönde % 85, radyal yönde ise % 67 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Sarıçam ve kestane odunlarının teğet yönde toplam renk değişimi kontrol örneklerine göre en yüksek değeri 205°C sıcaklıkta 9 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonunda olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler sarıçamda 47,87, kestanede 51,42 olarak kaydedilmiştir. Sarıçam odununun radyal yöndeki toplam renk değişiminin en yüksek değeri 205°C sıcaklıkta 12 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonunda olduğu kestane odununda ise 9 saat ısıl işlem sonunda olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu değerler sarıçam odununda 53,30, kestane odununda ise 55,49 olarak kaydedilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin arttırılması sonucu her iki odun türünde de eğilme direncinin önemli derece de azaldığı görülmüştür. Eğilme direncinin en fazla azaldığı ısıl işlem kombinasyonu 205°C sıcaklık ve 12 saatlik muamele sonucu olduğu gözlemlenmiştir. Eğilme direnci, 190 °C 12 saat süreyle ısıl işlem görmüş Sarıçam

odununda % 45, kestane odununda ise % 40 oranında azaldığı belirlenmiştir. Sıcaklık arttırılarak süre sabit tutulduğunda, yani 205°C’de ve 12 saatlik muamele sonucunda sarıçam odununda % 48, kestane odununda ise % 57 oranında eğilme direnç kaybı olduğu tespit edilmiştir.

Isıl işlem kontrol örneklerine göre elastikiyet modülünün her iki odun türü içinde sıcaklık ve sürenin arttırılması ile önce bir miktar arttığı sonradan azalttığı gözlemlenmiştir. Sarıçam odunu için 130 °C’de yapılan ısıl işlem sonunda yaklaşık olarak % 2 ile 5 oranında, kestane için ise yaklaşık % 1 ile 4 oranında arttırdığı görülmüştür. Ancak, 160, 175, 190 ve 205°C sıcaklıklardaki ısıl muamelelerde elastikiyet modülünde önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla liflere paralel basınç direncinde kontrol örneklerine göre her iki ağaç türünde de artış görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığının arttırılması ile kestane odunun da liflere paralel basınç direncinde tekrardan azalma olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş sarıçam ve kestane odanlarından hazırlanan test örneklerinden elde edilen eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci değerlerine ait veriler ve ısıl işlem koşulları kullanılarak yapay sinir ağı modeli oluşturuldu. Oluşturulan modelin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci değerlerini aynı deney koşulları için yüksek doğrulukta tahmin ettiği saptanmıştır.

Isıl işlem görmüş sarıçam ve kestane odunundan hazırlanan test örneklerinin eğilme direncinde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçamda % 87,62, kestanede % 83,12 olarak bulunmuştur. Eğilmede elastikiyet modülünde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçam için % 85,64 iken kestane için % 91,71 olarak bulundu. Liflere paralel basınç direncinde YSA modellemesi genel doğruluk ortalaması sarıçam odunu için % 92,59, kestane odunu için % 92,04 olarak tespit edilmiştir. Tasarlanan modelinin tüm deneyler için doğruluk ortalaması % 88,3 seviyelerinde olduğu görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda aşağıda verilen öneriler dikkate alınabilir;

Isıl işleme tabi tutulmuş ağaç malzemenin normal oduna göre daha düşük denge rutubetine sahip oluşundan dolayı da hava koşullarına maruz kalacak; dış cephe kaplama, havuz kenarlarında kaymayı engelleyici malzeme ve özellikle birinci dereceden rutubetle temas halinde olan yerlerde rahatça kullanılabilir. Isıl işlem sonunda ahşap materyal biyolojik olarak daha dirençli olduğundan toprakla temas halinde olan yerlerde veya zemin döşemeleri gibi sektör ürünlerinde kullanılabilir.

Isıl işlem ağaç malzemedeki ağırlık kaybına sebep olmakta ağırlık kaybına paralel olarak yoğunluk düşmektedir. Bu yüzden hafif malzeme kullanımı gerektiren dekorasyon işlerinde kullanılabilir.

Isıl işlem sıcaklığı artması sonucu odunun renginde de sıcaklıkla orantılı olarak bir renk koyulaşması meydana gelir bu koyulaşma odundaki renk farklılıklarını en aza indirir ve rengi homojen bir yapıya kavuşturur. Bu durum da dekorasyon işlerinde malzemeyi avantajlı bir duruma haline getirir. Uygulama yapılacak ise renk homojenliğinin estetik görüntüsünün dikkate alınması önerilebilir. Ancak yüksek sıcaklıklarda ve sürelerde ısı işlem uygulaması renk değişimini bozmakta ve gereğinden fazla koyulaşmaktadır.

Yüksek sıcaklıklarda muamele edilmiş sarıçam ve kestane odunlarının elastikiyet modülünde ve statik eğilme direncinde düşme olduğundan yüksek dayanım gerektiren ve belirli bir kuvvete ve yüke maruz kalacak yerlerde kullanılmaması önerilebilir. Ancak hafif malzemelerin kullanıldığı dekorasyon işlerinde, dış cephe kaplaması ve gemi yapımında kullanılabilir.

Yapay sinir ağı, deneysel çalışmalardaki materyale bağlı olarak oluşan ekonomik kayıp, zaman kaybı, deney aletlerinin hassasiyetlerinden kaynaklanan ölçüm hataları, gibi hususlardan kaçınılmayı sağlamaktadır. Ayrıca, tasarlanan YSA ara değerlerin yani deneysel olarak elde edilmeyen sonuçlara ulaşılabilmesini de sağlayabilmektedir. Bu bakımdan birçok sektörde başarılı bir şekilde kullanılan YSA ahşap endüstri sanayisinde de başarı ile kullanılması endüstri için faydalı olacaktır.

Yapılan bu çalışma bu türden diğer çalışmalar için bir temel oluşturabilecektir. Ayrıca diğer yapay zeka tekniklerinde orman ürünleri alanında deneysel olarak çalışanlarca kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

Akgün, H. C., “Anadolu kestanesi odununun kimyasal bileşimi ve kağıt yapımına uyumluluğu”, Yüksek Lisans Tezi, **ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bartın, 67-82 (2005).

Akyıldız, H.M. and Ateş, S., “Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in Turkey”, **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, 4 (6): 660-665 (2008).

Ataman, F., Kaynak, T ve Yüncü, S., “Bilgisayar ortamında sistem modelleme yoluyla yapay zeka içeren çözümlerin irdelenmesi”, **Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi**, Gaziantep , 677-680 (1999).

Atik, K., “Direkt genleşmeli evaporatörün yapay sinir ağları İle modellenmesi”, **Teknoloji**, 7 (4) : 649-658 (2004).

Ayadi, N, Lejeune, F, Charrier, F., Charrier, B. and Merlin, A., “Color stability of heattreated wood during artificial weathering”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 61 (3): 221–226 (2003).

Aydemir, D., “Göknar (*Abies Bornmülleriana* mattf.) ve Gürgen (*Carpinus Betulus*L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işleminin etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bartın, 7-68 (2007).

Balaban, M. and Uçar, G., “The correlation of wood acidity to its solubility by hot water and alkali”, **Holz als Roh-und Werkstoff**, 59: 67-70 (2001).

Baltacı, S., “Bazı odunların çivi ve vida tutma direnci üzerine ısı işlem uygulamasının etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kastamonu, 3-15 (2010).

Baştuğ, İ., “Isıl işleme maruz bırakılan lamine ağaç malzemenin bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **KBÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 10-65 (2010).

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).

Bengtsson, C., Jermer, J., Clang, A. and Ek-Olausson, B., “Investigation of some technical properties of heat-treated wood, *International Research Group on Wood Preservation*, IRG/WP 03-40266 (2003).

Benli,Y., “Bankalarda mali başarısızlığın öngörülmesi lojistik regresyon ve yapay sinir ağı karşılaştırması”, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Ankara, 16: 31-46 (2005).

Boonstra, M.J. and Tjeerdsma, B.F., “Chemical analysis of heat treated softwoods”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64 (3): 204-211 (2006).

Boonstra, M. J., “Two stage thermal modification of wood”, PhD Thesis, *Ghent University and Université Henry Poincare-Nancy*, 20-90 (2008).

Bozkurt,Y ve Erdin N., “Ticarette önemli yabancı ağaçlar”, *İstanbul Üniversitesi F.B.E. Yayınları*, İstanbul, 3572: 162-264 (1989).

Bozkurt,Y., “Odun anatomisi istanbul üniversitesi”,*Orman Fakültesi Yayını*, İstanbul, 3652 (415): 298 (1992).

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).

Bulucu., U ve Kavas, A.,“Kablosuz ağ kapsamı için yapay sinir ağ modeli kullanılarak propagasyon kayıplarının hesaplanması”, *III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu*, Adana, (2007).

Burmester, A., “The dimensional stabilization of wood”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 2 (2): 112–119 (1975).

Burmester, A., “Effects of heat-pressure treatments of semi-dry wood on its dimensional stability, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 31(6) :237–243 (1973).

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., “Infrared spectral characteristics and surface inactivation of wood at high decomposition of cellulose hemicellulose and lignin”, *Cellulose Chemistry and Technology*, 1 (3): 277–285 (1971).

Chow, S. Z. and Pickles, K. J., “Thermal Softening And Degradation Of Wood And Bark”, *Wood and Fiber Science*, 3 (3): 166–178 (2003).

Çalıova , Z., “Kızılağaç ve doğu Ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi”, Yüksek Lisans Tezi , *KBÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-90 (2011).

Demir, Y., Tuntaş, R., Köksal, M., “Anahtarlamalı devrelerin yapay sinir ağları ile analizi”, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi*, Gaziantep ,673 (1999).

Doi, S., Kurimot, Y., Ohmura, W., Ohara, S., Aoyama, M. and Yoshimura, T., “Effects of heat treatments on the feeding behaviour of two subterranean termites”, *Holzforschung*, 53 (3): 225–229 (1999).

Doi, S., Kurimoto, Y., Takahashi, M. and Yoshimura, T., “Effects of steaming heat treatment on the stimulation of termite feeding”, *International Research Group on Wood Preservation*,. IRG/WP 97-10212 (1997).

Dwianto, W., Tanaka, F., Inoue, M., Norimoto, M., “Crystallinity changes of wood by heat or steam treatment”, *Wood Research*, 83: 47-49 (1996).

Durmaz, Y., “ π^0 Seçilmesinde Yapay sinir ağlarının kullanılması”,Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep, 10-46 (2006).

Ekman, R., “Analysis of the nonvolatile extractives in Norway spruce sapwood and heartwood”, *Acta academiae aboensis*, 39: 1-20 (1979).

Emel,G ve Taşkın,Ç., “Genetik algoritmalar ve uygulama alanları”, *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 129-152 (2002).

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): 197-203 (2007).

Esteves, B., Velez, M. A., Domingos, I. and Pereira, H., “Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood ”, *Wood Science Technology*,. Department of Applied Sciences, University of Quebec at Chicoutimi, 41 (4): 193-207 (2006).

Fengel D and Wegener G., “Wood chemistry, ultrastructure, Reactions”, *Walter De Gruyter*, Berlin, New York, 121(1984).

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).

Feist, W. C. and Sell, J. “Weathering behaviour of dimensionally stabilized wood by heating under pressure of nitrogen gas”, *Wood and Fiber Science*, 19 (2): 183–195 (1987).

- Follrich, J., Uller, U. M and Gindl, W., “Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64: 373–376 (2006).
- Garcia, R. A., Cloutier, A. and Riedi, B., “Dimensionally stability of MDF panels produced from heat-treated fibers atypon-link”, *Holzaz*, 60 (3): 278-284 (2006).
- Garrote, G., Domínguez, H. and Parajó, J. C. “Hydrothermal processing of lignocellulosic materials”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57 (3): 191–202 (1999).
- Genç, Ö., “Modelling and control of bioprocesses by using artificial neural Networks and hybrid model”, Master of Science, *İzmir Institute of Technology*, 45-104 (2006).
- Genç, M., Gaffar, C., Bilir, N., Güner T. S ve Gülcü, S., “Isparta-ayazman anadolu kestanesi mesceresi”, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 3: 20-28 (2001).
- Giebel, E., “Dimensional stabilization of wood by moisture-heat-pressure treatment”, *Holz roh-u werkstoff*, 41: 87-94 (1983).
- Güler, N., “Yapay sinir ağlarının duyarlılığı”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 15-46 (1996).
- Gündüz, G. and Aydemir, D., “Some physical properties of heat-treated hornbeam wood”, *Wood Drying Technology*, 27 (5): 714-720 (2009).
- Güller, B., and Korkut, D., “The effects of heat treatment on some physical properties and surface roughness in red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood”, *Bioresource Technology*, 38-48 (2007).
- Hafizoğlu, H and Usta, M., “Chemical composition of coniferous wood species occurring in Turkey”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 63: 83–85 (2005).
- Haykin, S., “Neural networks, a comprehensive foundation”, *MacMillan College Publishing Comp. Inc*, New York, (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).
- Hietala, S., Maunu, S. L., Sundholm, F., Jämsä, S. and Viitaniemi, P., “Structure of thermally modified wood studied by liquid state NMR measurements”, *Holzforschung*, 56 (5): 522–528 (2002).
- Hillis, W. E., “The role of wood characteristics in high temperature drying”, *J. Inst. Wood Science*, 7 (2): 60-67 (1975).
- Hillis, W. E., “High temperature and chemical effects on wood stability”, *Wood Science and Technology*, 18 (4): 281–293 (2004).

Inari, G. N., Petrisans. M., Lambert, J., Ehrhardt, J. J. and Ge´rardin, P., “XPS characterization of wood chemical composition after heat-treatment”, *Surf Interface Anal*, 38: 1336–1342 (2006).

ISO 7724-2 “Paints and varnishes-colorimetry-part II: colour measurement”, *ISO Standart*, 2-6 (1984).

Jaémsaé, S., Ahola, P. and Viitaniemi, P., “Long-term natural weathering of coated thermowood”, *Pigment & Resin Technology*, 29 (2): 68–74 (2000).

Johansson, D., “Drying and heat treatment of wood: Influences on internal checking”, *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden, 1-10 (2005a).

Johansson, D., “Strenght and colour response of solid wood to heat treatment, licentiate thesis”, *Luleå University of Technology, Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Technology*, Sweden, (93): 58 (2005b).

Johansson, D. and Morèn, T., “The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64 (2): 104-110 (2006).

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

Kayacık ,H., “Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği - Gymnospermae”, *İÜ Orman Fakültesi Yayınları I*, İstanbul, 281: 388 (1980).

Keleşoğlu, Ö ve Fırat, A., “ Tuğla duvardaki ve tesisattaki ısı kaybının yapay sinir ağları ile belirlenmesi ”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi* ,18 (1): 133-141 (2006).

Kocaefe, D., Younsi, R., Chaudry, B. and Kocaefe, Y., “Modeling of heat and mass transfer during high temperature treatment of apsen”, *Wood Science Technology*, (40): 371–391 (2006).

Korkut, S ve Kocaefe, D , “Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi”,*Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5 (2): 11-34 (2009).

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

Kotilainen, R., “Chemical changes in wood during heating at 150-260°C PhD Thesis, *Jyväskylä University*, Finland, 89-90 (2000).

Kıyak, E ve Kahvecioğlu, A., “Bulanık mantık ve uçuş kontrol problemine uygulanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, (2): 63-72 (2003).

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).

Mayes, D. and Oksanen, O., “Thermowood handbook”, *Finnforest*, Finland, 5-15 (2002).

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

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).

Neşeli, S., Taşdemir, Ş. ve Yıldız, S., “Yapay sinir ağı yaklaşımı ile tornalamada yüzey pürüzlülüğünün tahmin edilmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 22: (3) 55-78 (2009).

Nuopponen, M., “FT-IR and UV raman spectroscopic studies on thermal modification of scots pine wood and its extractable compounds”, Doctor Thesis, *The Department Of Forest Products Technology For Public Examination And Debate in Auditorium VI At Helsinki University Of Technology*, Helsinki, 109-115 (2005).

Obataya, E., Shibutani, S., Hanata, K. and Doi, S., “Effects of high temperature kiln drying on the practical performances of Japanese cedar wood changes in hygroscopicity due to heating”, *J Wood Science*, 52: 33–38 (2006).

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

Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M. and Pichette, M., “Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (Betula papyrifera)”, *Wood Sci Tech, Department of Applied Sciences, University of Quebec at Chicoutimi*, 40 (8): 647-663 (2006).

Repellin, V. and Guyonnet, R., “Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition”, *Holzforschung*, 59 (1): 28-34 (2005).

Risholm-Sundman, M., Lundgren, M., Vestin, E. and Herder, P., “Emissions of acetic acids and other volatile organic compounds from different species of solid wood”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 56: 125-129 (1998).

Rousset, P. Perrfi, P. and Girard, P., “Modification of mass transfer properties in poplar wood (*P. robusta*) by a thermal treatment at high temperature”, *Holz Roh Werkst*, 62: 113–119 (2004).

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).

Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları–1:Yapay Sinir Ağları”, *Ufuk Kitap Kırtasiye–Yayıncılık Tic. Ltd. Şti*, Kayseri, 299-426 (2003).

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).

Santos, J. A., “Mechanical behaviour of Eucalyptus wood modified by heat”, *Wood Science and Technology*, 34: 39–43 (2000).

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

Sefil, Y., “Thermowood yöntemiyle ısı işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi , *KBÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 10-65 (2010).

Sehlstedt-Persson, S. M., “High-temperature drying of Scots pine, a comparison between HT- and LT-drying”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 53: 95-99 (1995).

Sığırlı, D., “Sınıflandırma probleminin çözümlenmesinde yapay sinir ağları ile diskriminant analizinin karşılaştırılması ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü*, Bursa, 5-64 (2006).

Skapura, M. D., “Building Neural Networks”, *Addison-Wesley*, 211-241(1995).

Soylu, A., “Kestane yetiştiriciliği ve özellikleri”, *Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü*, Yalova, 59:46 (1984).

Stamm, A. J. and Baechler, R. H., “Decay resistance and dimensional stability of five modified woods”, *Forest Products Journal*, 10 (1): 22–26 (1960).

Sundqvist, B., Karlsson, B. and Westermarck, V., “Determination of formic acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness”, *Luled University of Technology, Division of Wood Material Science*, 40 (7): 549-561 (2003).

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. and Sefil, Y., “The Thermal Conductivity of Fir and Beech Wood Heat Treated at 170, 180, 190, 200, and 212 °C”, *Journal of Applied Polymer Science*, 121: 2473-2480 (2011).

Şahin, S., “Yapay sinir ağları temelli model öngörülü kontrol ”, Yüksek lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 34-115 (2003).

Taş, E., “Geliştirilmiş yapay sinir ağı algoritmaları ve uygulamaları” , Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 30-103 (2008).

Tjeerdsma, B., Boonstra, M., and Militz, H., “Thermal modification of non-durable wood species: Part 2. improved properties of thermally treated wood,” *IRG/WP 98-40124*, Stockholm, 20-22 (1998).

Tjeerdsma, B. F. and Militz, H., “Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heattreated wood”, *Holz als Rohund Werkstoff*, 63: 102–111 (2005).

Troya, M. T and Navarette, A., “Study of the degradation of retified wood through ultrasonic and gravimetric techniques”, *International Research Group on Wood Preservation*, IRG/ WP 94–40030 (1994).

TS 2470: “Odunda Fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri”, *TSE*, Ankara, Kasım (2005).

TS 2471: “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini”, I. Baskı, *TSE*, Ankara, Kasım (2005).

TS 2472: “Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığın tayini”, *TSE*, Ankara, Kasım (2005).

TS 2474: “Odunda statik eğilme dayanımının tayini”, *TSE*, Ankara (2005).

TS 2478: “Odunda statik eğilmede elastiklik modülünün tayini”, *TSE*, Ankara, Kasım, (2005).

TS 2595: “Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini”, *TSE*, Ankara, (2005).

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).

Ünsal, O. and Ayrılmış, N., “Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum wood”, *Journal Wood Science*, 51 (4): 405-409 (2005).

Viitaniemi, P., “Thermowood-modified wood for improved performance”, *In: Proceedings of wood the ecological material the 4th Euro-wood symposium*, Stockholm, 22-23 (1997).

Viitanen, H., Lamsa, 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).

Vital, B. R., Lucia, R. M. D. and Euclides, R. F., “Effect of heating on some properties of eucalyptus saligna wood”, *Revista-Arvore*, 7 (2): 136-146 (1983).

Weiland, J. J. and Guyonnet, R. “Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61: 216-220 (2003).

Winandy, J. E., “Effects of treatment, incising, and drying on mechanical properties of timber”, *Forest Products Laboratory, USDA Forest Service*, USA, 178-185 (1996).

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

Yaltrık, F., “Dendroloji I”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 299: 320 (1981).

Yaltrık, F. ve Efe, A., “Gymnospermae–Angiospermae”, *İstanbul Üniversitesi, Dendroloji Ders Kitabı*, 465 (2): 382 İstanbul (2000).

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, B., “Finansal başarısızlığın öngörülmesinde yapay sinir ağı kullanımı ve halka açık şirketlerde ampirik bir uygulama”, *İMKB Dergisi*, 17: 50-59 (2001).

Yılmaz, M. ve Arslan, E. “Bulanık mantığın jeodezik problemlerin çözümünde kullanılması”, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul, 23-25 (2005).

Younsi, R., Kocaefe, D., Poncsak, S. and Kocaefe, Y., “Transient multiphase model for the high-temperature thermal treatment of wood”, *AICHE Journal*, 52 (7): 2340–2350 (2006).

Yun, K. E., Kim, G. H. and Kim, J. J. “Effect of heat treatment on the dimensional stability and bending properties of radiata pine sapwood”, *Journal of Korean Wood Science and Technology*, 27 (4): 30–37 (1999).

Zhang, G., Patuwo, B.E., Hu, M.Y., “Forecasting with artificial neural networks: the state of the art”, *Inter. Journal of Forecasting*, 14: 35-62 (1998).

ÖZGEÇMİŞ

Dündar ULUCAN 1980'de Adıyaman merkez ilçede doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Adıyaman Endüstri ve Meslek lisesinden mezun olduktan sonra 2001 yılında Azerbaycan Devlet Neft Akademisi Petrol ve Doğalgaz Üretimi Bölümü programına yerleşmeyi hak kazandı. Bir yıl hazırlık eğitimi gördükten sonra Akademiden ilişkisini kesti. 2003 yılında ZKÜ, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümü programına'na yerleştirildi. 2007 yılında "iyi" derece ile mezun oldu. Bir süre özel sektörde yönetici olarak çalışırken 2009'da Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir. Yabancı dili İngilizce olup ve iyi seviyede İngilizce bilmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Turgut reis mahallesi
134 sokak, No:13, kat:2
Merkez / ADIYAMAN

Tel : (531) 858 68 97

E-posta : dundarulucan@hotmail.com

