



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YABANI KİRAZ (*Cerasus avium* (L.) MONENCH) ODUNUNUN
FİZİKSEL, MEKANİK VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE YÜKSEK SICAKLIK UYGULAMASININ ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

AYHAN AYTİN

HAZİRAN 2013

DÜZCE

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ayhan AYTİN tarafından hazırlanan “Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) Odununun Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Yüksek Sıcaklık Uygulamasının Etkisi” isimli doktora tez çalışması, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 10/06/2013 tarih ve 2013/298 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Süleyman KORKUT
Düzce Üniversitesi

Üye
(Eş Danışman)
Prof.Dr.Öner Ünsal
İstanbul Üniversitesi

Üye
Prof.Dr. Nusret AS
İstanbul Üniversitesi

Üye
Doç.Dr.Cengiz GÜLER
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 21/06/2013

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Ayhan AYTİN’in Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

21/06/2013

Ayhan AYTİN

Sevgili Babam'a.....

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmasına başladığım ilk andan itibaren, yapılan bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesi sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Hocalarım Doç. Dr. Süleyman KORKUT ve Prof. Dr. Öner ÜNSAL'a sonsuz teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Doktora çalışmasının içeriğinde yapmış olduğu yönlendirici katkıları nedeni ile Prof.Dr. Nusret AS Hocama teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Çalışmanın yürütülmesinde her aşamada desteğini esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Nevzat ÇAKICIER'e teşekkür ederim.

Başta Doç.Dr. Yalçın ÇÖPÜR olmak üzere, tüm Düzce Orman Fakültesi akademik ve idari personeline katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Deney ağaçlarının temininde her türlü kolaylığı sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen Düzce Orman İşletme Müdürü Sayın Hüseyin BOZ'a ve personeline, deney ağaçlarının biçilmesi işlemini gerçekleştiren değerli sanayici Recep SİVRİKAYA'ya, ısıl işlem ve yapay yaşlandırma işlemini gerçekleştirdiğim NOVAWOOD fabrikası değerli müdürü Halil ALIOĞLU'na ve üretim mühendisi Çimşit KAHRAMAN'a ve ayrıca çalışanlarına teşekkür ve minnet duygularımı sunarım.

Çalışmanın ortaya çıkması sürecinde desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Selda'ya sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi DÜBAP-2012.02.03.101 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

Haziran 2013

Ayhan AYTİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ	6
1.1. ISIL İŞLEM.....	9
1.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler	9
1.1.2. Isıl İşlem Metotları	11
1.1.2.1. ThermoWood Metodu	12
1.1.2.2. Plato Wood Metodu.....	17
1.1.2.3. Oil Heat Treatment Metodu.....	19
1.1.2.4. Retification (Retified Wood) Metodu.....	20
1.1.2.5. Le Bois Perdure Metodu.....	21
1.2. ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 21	
1.2.1. Kimyasal Özellikler	21
1.2.1.1. Hemiselüloz	23
1.2.1.2. Selüloz.....	24
1.2.1.3. Lignin.....	25
1.2.1.4. Ekstraktif Maddeler	28
1.2.2. Fiziksel Özellikler	29
1.2.2.1. Yoğunluk	29
1.2.2.2. Odunun Çalışması	30
1.2.2.3. Isı İletkenliği.....	30
1.2.2.4. Yüzey Pürüzlülüğü	30
1.2.2.5. Renk Değişimi.....	33

1.2.2.6. Parlaklık	34
1.2.2.7. Koku.....	34
1.2.3. Mekanik Özellikler	34
1.2.3.1. Basınç Direnci	36
1.2.3.2. Eğilme Direnci.....	37
1.2.3.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	39
1.2.3.4. Dinamik Eğilme Direnci.....	40
1.2.3.5. Çekme Direnci	40
1.2.3.6. Makaslama Direnci	41
1.2.3.7. Çivilenme ve Vidalanma Özeliği	42
1.2.4. Teknolojik Özellikler.	42
1.2.4.1. Sertlik.....	42
1.2.5. Yaşlanma	43
1.3. AĞAÇ MALZEMEDE YAŞLANDIRMA	43
1.3.1. Ağaç Malzeme Yaşlandırma Testleri	43
1.3.2. Hızlandırılmış Laboratuar Yaşlandırma Testleri	45
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
2.1. MATERYAL.....	47
2.1.1. Yabani Kiraz (<i>Cerasus avium</i> (L.) Monench) Literatür Bilgisi.....	47
2.1.2. Örnek Ağaçların Seçimi Ve Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	49
2.2. YÖNTEM.....	52
2.2.1. ThermoWood Metodu İle Isıl İşlem Uygulaması	52
2.2.2. Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması	52
2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	57
2.2.3.1. Tam Kuru Yoğunluk.....	57
2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk.....	57
2.2.3.3. Daralma.....	58
2.2.3.4. Genişleme	59
2.2.3.5. Isı İletkenliği Katsayısı	60
2.2.3.6. Yüzey Pürüzlülüğü	62
2.2.3.7. Renk Farklılığı.....	63
2.2.3.8. Parlaklık	65
2.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	67
2.2.4.1. Liflere Paralel Basınç Direnci	68
2.2.4.2. Eğilme Direnci.....	69
2.2.4.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	70

2.2.4.4. <i>Dinamik Eğilme Direnci</i>	71
2.2.4.5. <i>Liflere Dik Çekme Direnci</i>	73
2.2.5. Teknolojik Özelliklerin Belirlenmesi	74
2.2.5.1. <i>Janka Sertlik</i>	74
2.2.6. Değişim Oranlarının Hesaplanması	76
2.2.7. Verilerin İstatistik Değerlendirmesi	76
3. BULGULAR VE İRDELEME	77
3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME	76
3.1.1. Yoğunluk	76
3.1.1.1. <i>Tam Kuru Yoğunluk</i>	77
3.1.1.2. <i>Hava Kurusu Yoğunluk</i>	79
3.1.1.3. <i>Yoğunluk İle İlgili İrdeleme</i>	80
3.1.2. Daralma-Genişleme	83
3.1.2.1. <i>Daralma</i>	83
3.1.2.2. <i>Genişleme</i>	85
3.1.2.3. <i>Daralma ve Genişleme İle İlgili İrdeleme</i>	87
3.1.3. Isı İletkenliği	90
3.1.4. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	94
3.1.4.1. <i>Isıl İşlem Sonrası Ra</i>	94
3.1.4.2. <i>Yaşlandırma Sonrası Ra</i>	97
3.1.4.3. <i>Yaşlandırma Sonrası Ra İle İlgili İrdeleme</i>	104
3.1.5. Renk	105
3.1.5.1. <i>Isıl İşlem Sonrası Renk</i>	105
3.1.5.2. <i>Yaşlandırma Sonrası Renk</i>	111
3.1.5.3. <i>Yaşlandırma Sonrası Renk Değerleri İle İlgili İrdeleme</i>	134
3.1.6. Parlaklık	138
3.1.6.1. <i>Isıl İşlem Sonrası Parlaklık</i>	138
3.1.6.2. <i>Yaşlandırma Sonrası Parlaklık</i>	141
3.1.6.3. <i>Yaşlandırma Sonrası Parlaklık İle İlgili İrdeleme</i>	151
3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME ...152	
3.2.1. Liflere Paralel Basınç Direnci	152
3.2.2. Eğilme Direnci	156
3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü	159
3.2.4. Dinamik Eğilme Direnci	162
3.2.5. Liflere Dik Çekme Direnci	164

3.3. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME.....	166
3.3.1. Janka Sertlik Değeri.....	166
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	171
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	171
4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	173
4.3. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER.....	174
4.4. ÖNERİLER.....	176
KAYNAKLAR.....	178
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	ThermoWood yöntemi ısıtım işlem tesisi şeması..... 13
Şekil 1.2.	ThermoWood yöntemi, fırının doldurulması. 14
Şekil 1.3.	ThermoWood yöntemi fırının boşaltılması..... 15
Şekil 1.4.	ThermoWood ısıtım işlem grafiği (NovaWood) 16
Şekil 1.5.	Plato wood metodu işlem safhaları. 19
Şekil 1.6.	Oil heat treatment işlem tankı. 20
Şekil 1.7.	Isıtım işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması 22
Şekil 1.8.	Ağaç malzemenin kurutulması ve ısıtım işlemi ile hücre çeper ana bileşenleri ve ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim..... 22
Şekil 1.9	4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz. 23
Şekil 1.10.	Selülozun moleküler yapısı. 24
Şekil 1.11.	Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri 26
Şekil 1.12.	Yüzey karakteristiklerinin sematik diyagramı. 31
Şekil 1.13	Ortalama pürüzlülük değeri (Ra). 32
Şekil 1.14	En büyük pürüzlülük değeri (Ry)..... 32
Şekil 1.15.	On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri(Rz)..... 33
Şekil 1.16.	Ağaç malzeme yüzeyinde UV radyasyon ve rutubet etkisi ile meydana gelen bozunmanın sematik diyagramı..... 44
Şekil 2.1.	Yabani kiraz (Odayeri İşletme Şefliği-DÜZCE) (Aytin 2010) 50
Şekil 2.2.	Doktora çalışmasında kullanılan yabani kiraz ağaçlardan orman sahasında kesimi takiben alınan tomrukları (Ayhan 2010) 51
Şekil 2.3.	Kalas üretimi (Ayhan 2010)..... 51
Şekil 2.4.	Kalas istifleme (Ayhan 2010).....51
Şekil 2.5.	ThermoWood ısıtım işlem grafiği.(Nova Wood) 53
Şekil 2.6.	Güneş ışığı ve UVB 313 EL ışığı dalga boyu analizi. 54
Şekil 2.7.	UV-B 313 Lambaların montajı. 55
Şekil 2.8.	Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı püskürtme başlıkları. 55
Şekil 2.9.	Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı kondisyonlama..... 56
Şekil 2.10.	Hızlandırılmış test cihazında örneklerin yerleşimi. 56

Şekil 2.11.	Radyal ve teğet boyutların mikrometrik kumpas ile ölçülmesi.	59
Şekil 2.12.	Boyuna yönde uzunluğun mikrometrik kumpas ile ölçülmesi.....	59
Şekil 2.13.	Teğet yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri.....	61
Şekil 2.14.	Radyal yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri.	61
Şekil 2.15.	Isı iletkenlik katsayısının QTM-500 cihazı ile ölçülmesi.	61
Şekil 2.16.	Mitutoyo Surftest SJ-301 ile yüzey pürüzlülüğü ölçülmesi.	62
Şekil 2.17.	CIELab renk sistemine göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin belirlenmesi.....	63
Şekil 2.18.	Elrepho 71 cihazı ile renk değerlerinin belirlenmesi	64
Şekil 2.19.	Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi.	66
Şekil 2.20.	Isıl işlem görmüş örneklerde parlaklık ölçülmesi.	67
Şekil 2.21.	Liflere paralel basınç direnci deneyi sonrası örnek görünüşü.....	68
Şekil 2.22.	Eğilme direnci deneyi.	70
Şekil 2.23.	Dinamik eğilme direnci deneyi	72
Şekil 2.24.	Liflere dik çekme direnci deneyi.....	74
Şekil 2.25.	Janka sertlik deneyi	75
Şekil 3.1.	Tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).	81
Şekil 3.2.	Hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%).	81
Şekil 3.3.	Daralma miktarlarındaki değişim (%).	88
Şekil 3.4.	Genişleme miktarlarındaki değişim (%)	88
Şekil 3.5.	Isı iletkenliği katsayısında ısıl işlem ile meydana gelen değişim (%)	93
Şekil 3.6.	Isıl işlem sonrası R_a değişimi (%)	96
Şekil 3.7.	144 saat yaşlandırma sonrası R_a değişimi (%)	98
Şekil 3.8.	288 saat yaşlandırma sonrası R_a değişimi (%).	100
Şekil 3.9.	576 saat yaşlandırma sonrası R_a değişimi (%)	102
Şekil 3.10.	864 saat yaşlandırma sonrası R_a değişimi (%)	104
Şekil 3.11.	Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası R_a değerindeki değişim.	104
Şekil 3.12.	Isıl işlemde meydana gelen renk değişimi.	108
Şekil 3.13.	Isıl işlem sonrası L^* , a^* , b^* değişim oranları ve ΔE^*	109
Şekil 3.14.	144 saat yaşlandırma sonrası $K\ddot{O}$ 'ne göre L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^*	113
Şekil 3.15.	144 saat yaşlandırma sonrası görünüşler	114
Şekil 3.16.	144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^*	116
Şekil 3.17.	288 saat yaşlandırma sonrası $K\ddot{O}$ 'ne göre L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^*	119

Şekil 3.18.	288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^*	120
Şekil 3.19.	288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* değişimi (%) ve ΔE^*	122
Şekil 3.20.	576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* değişimi (%) ve ΔE^*	125
Şekil 3.21.	576 saat yaşlandırma sonrası test örneklerinin görünüşü.....	126
Şekil 3.22.	576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* değişimi (%) ve ΔE^*	128
Şekil 3.23.	864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* değişimi (%) ve ΔE^*	131
Şekil 3.24.	864 saat yaşlandırma sonrası test örneklerinin görünüşü.....	131
Şekil 3.25.	864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , ve b^* değişimi (%) ve ΔE^*	134
Şekil 3.26.	Yaşlandırma ile meydana gelen ΔE^*	135
Şekil 3.27.	Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası L^* değişimi.....	135
Şekil 3.28.	Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası a^* değişimi.....	136
Şekil 3.29.	Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası b^* değişimi.....	136
Şekil 3.30.	Isıl işlem sonrası İİGTÖ'nde parlaklık değerlerinin KÖ'ne göre değişimi (%)......	141
Şekil 3.31.	144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerindeki değişimi (%).....	143
Şekil 3.32.	288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerindeki değişimi (%).....	146
Şekil 3.33.	576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerindeki değişimi (%).....	148
Şekil 3.34.	864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerindeki değişimi (%).....	151
Şekil 3.35.	Isıl işlem ve yaşlandırma ile birlikte meydana gelen parlaklık değişimi	151
Şekil 3.36.	Liflere paralel basınç direncinde değişim (%).	154
Şekil 3.37.	Eğilme direncinde değişim (%).	158
Şekil 3.38.	Eğilmede elastikiyet modülünde değişim (%)	161
Şekil 3.39.	Dinamik eğilme direncinde değişim (%).	163
Şekil 3.40.	Liflere dik çekme direncinde değişim (%).	166
Şekil 3.41.	Janka sertlik değerlerinde değişim (%).	169

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Bazı ısıtım yöntemlerinin temel karakteristikleri.	12
Çizelge 1.2. Thermo S sınıfı kerestenin kullanım alanları.	16
Çizelge 1.3. Thermo D sınıfı kerestenin kullanım alanları.	17
Çizelge 1.4. ThermoWood metodunun ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkisinin ısıtım sınıfları ile özeti.	17
Çizelge 2.1. Yabancı kiraz odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri	49
Çizelge 2.2. Isıtım varyasyonları.	52
Çizelge 2.3. Hızlandırılmış yaşlandırma programı	54
Çizelge 2.4. 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenmesi...	66
Çizelge 3.1. Tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler	77
Çizelge 3.2. Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	78
Çizelge 3.3. Tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	78
Çizelge 3.4. Hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler.....	79
Çizelge 3.5. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	79
Çizelge 3.6. Hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.....	80
Çizelge 3.7. Daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.	83
Çizelge 3.8. Daralma miktarı üzerine ısıtımın etkisine ilişkin BVA sonuçları	84
Çizelge 3.9. Isıtım sonrası daralma miktarlarına ilişkin etkileşim değerleri.	84
Çizelge 3.10. Genişleme değerlerine ilişkin istatistikler	85
Çizelge 3.11. Genişleme miktarı üzerine ısıtımın etkisine ilişkin BVA sonuçları... ..	86
Çizelge 3.12. Genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.....	86
Çizelge 3.13. Isıtım iletkenliği katsayısına ilişkin istatistikler.	91
Çizelge 3.14. Isıtım iletkenliği katsayısı değerlerine ait BVA sonuçları.	91
Çizelge 3.15. Isıtım iletkenliği katsayısına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	91
Çizelge 3.16. Isıtım sonrası Ra değerleri istatistikler.....	94
Çizelge 3.17. Isıtım sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.....	95
Çizelge 3.18. Isıtım sonrası Ra değeri duncan testi ve ilişkin etkileşim değerleri....	95
Çizelge 3.19. 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler	97
Çizelge 3.20. 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları	97

Çizelge 3.21. 144 yaşlandırma sonrası duncan testi sonuçları ve Ra etkileşim değerleri.	98
Çizelge 3.22. 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler	99
Çizelge 3.23. 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	99
Çizelge 3.24. 288 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri	99
Çizelge 3.25. 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler.....	100
Çizelge 3.26. 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin BVA sonuçları.....	101
Çizelge 3.27. 576 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri.....	101
Çizelge 3.28. 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler.....	102
Çizelge 3.29. 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin BVA sonuçları.	103
Çizelge 3.30. 864 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri.....	103
Çizelge 3.31. Isıl işlem sonrası renk değerlerine ilişkin istatistikler	106
Çizelge 3.32. Isıl işlem sonrası L^* , a^* , b^* ve ΔE Değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	106
Çizelge 3.33. İİGTÖ ile KÖ arasında L^* , a^* , b^* ve ΔE^* etkileşim değerleri.....	107
Çizelge 3.34. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.	111
Çizelge 3.35. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları	112
Çizelge 3.36. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	113
Çizelge 3.37. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	114
Çizelge 3.38. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları	115
Çizelge 3.39. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.	116
Çizelge 3.40. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	117
Çizelge 3.41. 2288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.....	118
Çizelge 3.42. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	118
Çizelge 3.43. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.....	120

Çizelge 3.44. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.	121
Çizelge 3.45. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri. ..	122
Çizelge 3.46. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	123
Çizelge 3.47. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.....	124
Çizelge 3.48. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.	125
Çizelge 3.49. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	126
Çizelge 3.50. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları	127
Çizelge 3.51. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.	128
Çizelge 3.52. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	129
Çizelge 3.53. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.....	130
Çizelge 3.54. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	130
Çizelge 3.55. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler	132
Çizelge 3.56. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları	133
Çizelge 3.57. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.	133
Çizelge 3.58. Isıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.....	139
Çizelge 3.59. Isıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	139
Çizelge 3.60. I Isıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri i	140
Çizelge 3.61. 1144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	142

Çizelge 3.62. 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları	142
Çizelge 3.63. 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	143
Çizelge 3.64. 2288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	144
Çizelge 3.65. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler..	144
Çizelge 3.66. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	145
Çizelge 3.67. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler ..	146
Çizelge 3.68. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	147
Çizelge 3.69. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	147
Çizelge 3.70. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler ..	149
Çizelge 3.71. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.	149
Çizelge 3.72. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	150
Çizelge 3.73. Liflere paralel basınç direncine ilişkin istatistikler	152
Çizelge 3.74. Liflere paralel basınç direnci değeri BVA sonuçları.....	153
Çizelge 3.75. Liflere paralel basınç direncine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.....	153
Çizelge 3.76. Eğilme direncine ilişkin istatistikler	156
Çizelge 3.77. Eğilme direnci BVA sonuçları	156
Çizelge 3.78. Eğilme direncine ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	157
Çizelge 3.79. Eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin istatistikler	159
Çizelge 3.80. Eğilmede elastikiyet modülü BVA sonuçları.	160
Çizelge 3.81. Eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.	160
Çizelge 3.82. Dinamik eğilme direncine ilişkin istatistikler.....	162
Çizelge 3.83. Dinamik eğilme direnci BVA sonuçları.	162
Çizelge 3.84. Dinamik eğilme direnci duncan testi ve etkileşim değerleri	163
Çizelge 3.85. Liflere dik çekme direncine ilişkin istatistikler	164

Çizelge 3.86. Liflere dik çekme direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları.....	165
Çizelge 3.87. Liflere dik yönde çekme direnci duncan testi ve etkileşim değerleri.	165
Çizelge 3.88. Janka sertlik değerine ilişkin istatistikler.....	167
Çizelge 3.89. Janka sertlik değerine ilişkin BVA sonuçları	167
Çizelge 3.90. Janka sertlik değerlerine ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.	168
Çizelge 4.1. Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklere ilişkin ortalama değerler.....	174

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

R	Rutubet
a*	Kırmızı renk tonu
b*	Sarı renk tonu
L*	Renk açısı
KÖ	Kontrol örneği
İİGTÖ	Isıl işlem görmüş test örneği
\bar{X}	Aritmetik ortalama
SS	Standart sapma
EY	En yüksek değer
ED	En küçük değer
BVA	Basit Varyans Analizi
T	Sıcaklık(°C)
Z	Zaman (Saat)
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülüğü
ΔE^*	Toplam renk farklılığı
ΔL^*	Siyah-beyaz renk değişimi
Δa^*	Kırmızı-yeşil renk değişimi
Δb^*	Sarı-mavi renk değişimi
PVC	Polivinilklorür
VTT	Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
TS	Türk Standartları
ISO	International Organization for Standardization
CEN	The European Committee for Standardization
ASTM	American Society for Testing and Materials
QTM	Quick Thermal Conductivity
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN 113	Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes. Determination of the toxic values
CO ₂	Karbondioksit

CaCl ₂	Kalsiyumklorür
VOC	Volatile organic compounds
N	Newton
kN	Kilonewton
cm	Santimetre
mm ²	Milimetrekare

ÖZET

YABANI KIRAZ (*Cerasus avium* (L.) Monench) ODUNUNUN FİZİKSEL, MEKANİK VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE YÜKSEK SICAKLIK UYGULAMASININ ETKİSİ

Ayhan AYTİN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Süleyman KORKUT - Prof.Dr.Öner ÜNSAL

Haziran 2013, 208 sayfa

Bu çalışmada, ağaç malzemede termal modifikasyon ve hızlandırılmış yaşlandırma uygulamasının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu ThermoWood yöntemi ile 190°C ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat ısıtılma tabii tutulmuştur. Fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, daralma, genişleme, ısı iletkenliği, yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık; mekanik direnç özelliklerinden liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, dinamik eğilme direnci ve liflere dik çekme; teknolojik özelliklerden janka sertlik değerine bakılmıştır. Yaşlandırma için hazırlanmış deney örneklerine toplamda 864 hızlandırılmış yapay yaşlandırma uygulanmış, ortalama yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalardan önce örnekler 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem ortamında yeterli süre bekletilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ısıtılma sonucu fiziksel özelliklerde iyileşme görülmüş, renk koyulaşmış ve parlaklık azalmış, mekanik özelliklerden liflere paralel basınç direnci ve eğilmede elastikiyet modülü artarken diğer mekanik dirençlerde azalma belirlenmiştir. Janka sertlik değeri enine kesitte artmasına karşılık teğet ve radyal kesitte farklılıklar göstermiştir. Yaşlandırma görmüş örneklerden elde edilen sonuçlara göre ise ısıtılmanın yüzey düzgünlüğünü iyileştirdiği, ısıtılma ile rengi koyulaşan ve parlaklığı azalan örneklerin uzun süreli yaşlandırma periyodu sonunda renk ve parlaklık davranışın benzer olduğu, yüzeylerinin grileştiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları ısıtılma işlem görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununun, boyutsal stabilitenin ön planda olduğu kullanım alanları için uygun olduğunu, ancak yük taşıyıcı yapısal eleman olarak değerlendirilmesinin uygun olmayacağını ortaya koymuştur. Diğer taraftan, dekoratif mobilya üretimi için önemli fırsatlar taşıdığı, dış ortamdaki kullanımlarda ise ısıtılma sonrası oluşan renk stabilitesinin sağlanması için ilave tedbirlerin alınmasının gerektiği anlaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: Yabani Kiraz, ThermoWood, Hızlandırılmış Yaşlandırma, Fiziksel Özellikler, Mekanik Özellikler

ABSTRACT

EFFECT OF HIGH TEMPERATURE TREATMENT ON PHYSICAL, MECHANIC AND TECHNOLOGIC PROPERTIES OF WILD CHERRY (*Cerasus avium* (L.) Monench) WOOD

Ayhan AYTİN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman KORKUT - Prof. Dr. Öner ÜNSAL

June 2013, 208 pages

The aim of this study is to identify the effects of weathering process accelerated through thermal modification on certain wooden material properties essential for area of utilization. In this study, the wood of wild cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) was exposed to heat treatment at 190°C and 212 °C for 1 and 2 hours by using the method of ThermoWood. Oven dry density, air dry density, shrinkage, swelling, thermal conductivity, surface roughness, glossiness and color from physical properties were observed. In mechanical resistance properties, parallel compressive strength on fibers, bending strength, modulus of elasticity in bending, impact bending strength and perpendicular tensile to fibers, additionally janka hardness in technological aspect were observed. Test samples prepared for weathering underwent 864 artificially accelerated weathering processes, and average surface roughness, glossiness and color measurements were taken. Prior to experimental process, samples were kept for sufficient time in an environment of 20±2 °C temperature and % 60±5 relative humidity. Following heat treatment, improvements in physical properties were observed, color darkened, and radiance reduced. While parallel compressive strength on fibers and elastic modulus in bending from mechanical properties increased, other mechanical properties declined. Whereas janka hardness rose in transversal section, differences in tangential and radial section were observed. According to the results obtained from aged samples, it was observed that heat treatment improved surface flatness; the samples with darker color and reduced radiance had similar color and radiance following prolonged ageing practice. The results of study showed that wood of wild cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) is compatible with area of usage bringing dimensional stability forefront but not proper to be used as load-bearing structural unit. On the other hand, it has been understood that it has notable opportunities for furniture production but, for outdoors usage complementary measures need to be taken so as to provide color stabilization after heat treatment.

Anahtar sözcükler: Wild Cherry, ThermoWood, Accelerated Weathering, Physical properties, Mechanical properties

EXTENDED ABSTRACT

EFFECT OF HIGH TEMPERATURE TREATMENT ON PHYSICAL, MECHANIC AND TECHNOLOGIC PROPERTIES OF WILD CHERRY (*Cerasus avium* (L.) Monench) WOOD

Ayhan AYTİN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman KORKUT - Prof. Dr. Öner ÜNSAL

June 2013, 208 pages

1. INTRODUCTION

A number of studies have been conducted in order to prolong the usage of wooden materials and increase their endurance. Today, in applications carried out for the betterment of wooden material properties, methods prioritizing environmental awareness are preferred and materials with environmental hazards are avoided as much as possible. With ThermoWood heat treatment the aim of using resources more rationally is realized by means of making use of low-order woods as well as taking environmental consciousness into consideration. Heat treatment techniques for wooden materials and developments in the usage of heat-treated materials have played an important role in environmental issues in the last decades.

The main objectives of this paper are to;

- Investigate the differences occurring in physical, mechanical and technological properties of trees indigenous to our country and having enormous economic value after being exposed to heat treatment and ageing and form a database of these differences
- Present the opportunities and limitations of possible area of usage of heat-treated wooden materials

- Promote the practices of environment – friendly materials and contribute to its prevalence

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, following heat treatment and ageing, certain characteristics of Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) were tested and analyzed. The trees used in the study were chosen in accordance with TS 4176/1984 and turned into planks used for sample preparation under TS 2470/1976. Planks were exposed to heat treatment with ThermoWood technique at 190 and 212 °C for 1 and 2 hours. Accelerated weathering was carried out under conditions established based on ASTM G154. The number of samples was determined based on TS CEN/TS 15679/2010, and level of humidity was predicated on TS 2471/1976. Physical properties; oven dry and air dry density are based on TS 2472/1976, shrinking on TS 4083/1984, TS 4085/1983, expansion on TS 4084/1984, TS 4086/1983, thermal conductivity on ASTM C 177/C 518/2004, surface roughness on ISO 4287/1997 and DIN 4768/1990, color on ISO 7724–2/1984 and ISO 7724–3/1984, glossiness on TS 4318/1985. Mechanical properties; parallel compressive strength on fibers is based on TS 2595/1977, bending strength on TS 2474/1976, modulus of elasticity on TS 2478/1976, impact bending strength on TS 2477/1976, perpendicular tensile strength on fibers on TS 2476/1976 and janka hardness value is based on TS 2479/1976.

In the measurement of thermal conductivity coefficient, Quick Thermal Conductivity-500 heat conductivity testing machine operating in accordance with ASTM C 1113-99/2004 was used.

Results were analyzed using SPSS with applied and multivariate technique and peer groups were determined with Duncan test considering significance level to be $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

There was statistically significant difference between the findings regarding physical, mechanical and technological properties of Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) following heat treatment and weathering and those of natural sample group with a level of $P \leq 0.05$.

According to the results of physical properties, improvement was observed in dimensional stabilization of Wild Cherry through heat treatment. Average surface roughness was lower in both aged and heat-treated samples than control group samples. Heat treatment leads to darkening in color of Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood and reduction in glossiness, yet following the prolonged weathering process color got lighter, grayness was observed and there was an increase in radiance. According to the results of mechanical features, while there was a rise in parallel compressive strength and elastic modulus of bending, there was a decrease in others. As for findings of technological aspect, there was an increase in transversal section solidity but there was a general reduction in radial surface solidity.

Physical, mechanical and technological variations taking place in Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood with heat treatment result from such factors as alterations in cell wall compounds, extractive alienation and marginal balance humidity.

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

According to the findings obtained within the scope of study, it has been understood that temperatures used in heat treatment are influential in changes in pre-determined features. While better results are obtained at higher temperatures about improvements in physical features expected from heat treatment, there are lower resistance values in mechanical resistance feature and an increase in loses along with rise in temperature.

Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood heat-treated above 200 °C can be preferred for situations putting dimensional stability forefront. In circumstances in which mechanical resistance features are proper, Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood heat- treated at lower temperatures can be used for indoor furniture production.

While heat-treated Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) is appropriate for outdoor usage, in order for existing color to stay stable for a long period complementary measures needs to be taken.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, yüzyıllardır insanların çeşitli gereksinimlerini karşılamak için kullanmış oldukları yenilenebilir doğal bir hammaddedir. Literatürde insan gereksinimlerinin karşılanabilmesi amacı ile ağaç malzemedен üretilmiş yaklaşık 10.000 civarında ürün olduğu bildirilmektedir (Bozkurt ve Erdin 1997).

Çok geniş kullanım alanı bulunan ağaç malzeme bazı istenmeyen özelliklere sahip olup; boyutsal değişim, biyolojik degradasyon ve renk değişimi gibi istenmeyen özelliklerden dolayı ağaç malzemenin kullanım ömrü azalmakta ve değeri düşmektedir. Günümüzde çeşitli yöntemler ile ağaç malzemenin istenmeyen özelliklerini iyileştirerek kullanım ömrünü uzatmak ve değerini artırmak mümkün olabilmektedir.

Ağaç malzemenin istenmeyen özelliklerini ortadan kaldırarak kullanım ömrünü uzatmaya yönelik çalışmalardan biri de ısıtma işlemi tabii tutulmasıdır. Ağaç malzemeye ısıtma işlemi yapılması anlamına gelecek uygulamalara Vikingler zamanında bile rastlanılmakla beraber bilimsel manada çalışmalar son yüzyıl içerisinde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. 1920'li yıllarda ABD'nde başlayan çalışmaların ardından ağaç malzemenin ısıtma işlemi üzerine bilimsel içerikli çalışmalar 1930'lu yıllarda Almanya'da devam etmiştir. Daha sonraki yıllarda çeşitli bilim adamları tarafından yapılan çalışmalar bulunmakla birlikte özellikle son otuz yılda Avrupa'da çeşitli araştırma gruplarının konuya verdikleri önem ve yaptıkları çalışmaların ardından çeşitli ısıtma işlem yöntemleri geliştirilmiş, piyasalarda ısıtma işlemi görmüş ağaç malzeme yer almaya başlamıştır (Anonim 2003).

Isıtma işlemi, odun yapısını bozmadan boyutsal stabiliteyi iyileştirmekte ve biyolojik bozunmaya karşı dayanıklılık sağlamakla birlikte, son zamanlarda çevre bilincinin artmasına paralel olarak çevreye zararlı maddelerin kullanımının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Çevreye zararlı maddelerin kullanımının önlenmesi günümüzde oldukça önemli bir konu olup, örneğin İsveç'te 1990 yılından beri çevreye zararlı 117 koruyucu yasaklanmış bulunmaktadır (Johansson 2005). Isıtma işlemi uygulanmış kereste; emprenye edilmiş kereste, PVC, alüminyum, çelik gibi diğer materyaller ile karşılaştırıldığında büyük ölçüde çevresel fayda sağlamaktadır. Isıtma işlemi uygulaması boyunca kullanılan

enerji miktarı ve oluşan CO₂ miktarı özellikle PVC, alüminyum, çelik gibi materyaller ile karşılaştırıldığında düşüktür (Korkut ve Kocaefe 2009).

Ağaç malzemedeki yaşlandırma, onun kullanım alanlarında rutubet, sıcaklık, yağış ve güneş ışığının değişik dalga boyları gibi faktörlerin etkisi altındaki durumunu özel olarak hazırlanmış ortamlarda belirlemek amacı ile yapılır. Özellikle bina dışı kullanımlarda olmak üzere güneş ışığı, ısı ve nem ağaç malzemedeki yapılmış mobilya ve yapı elemanlarında her yıl oldukça büyük miktarlarda zararlara sebebiyet vermektedir. Ağaç malzeme yüzeyinde bozulmalar meydana getiren, kullanım performansını etkileyen ve kullanım ömrünü kısaltan faktörlerin etki derecesi ve şeklinin bilinmesi pratik bakımdan çok önemli bulunmaktadır. Son yüzyılda bu alanda ağaç malzeme yaşlanmasını belirlemek üzere doğal test istasyonları kurulmuş ve laboratuvarlarda kullanılmak üzere yaşlandırma cihazları geliştirilmiştir (Anonim 2012).

Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench), orman ürünleri sanayinde oldukça değerli olan odunu en fazla kaplamacılık, dolap yapımı ve tornacılıkta kullanılan bir ağaç türüdür. Odununa piyasada olan talebin arzın üzerinde olması, kısa işletmecilik süresi için sanayinin kullanımına hazır hale gelmesi ve gen kaynaklarının tükenmesi nedeni ile hem Avrupa hem de ülkemizde üzerinde dikkate değer çalışmalara konu olmaktadır. Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) ağacının ekolojisi, biyolojisi ve genetiğine ait Türkçe Ormancılık kaynaklarında oldukça az sayıda araştırma ve bilgi bulunması, odun ve meyvesi değerli, yaban hayatı işlevi yüksek, hızlı gelişen bir tür olarak verimliliği ve ekonomik girdisinin artırılmasına yönelik çabaları teşvik edilmektedir (Eşen ve diğ. 2005).

Çalışma kapsamında Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) kalasları 40 m³'lük ısıtma fırınında piyasaya sunulmak üzere hazırlanan ağaç malzemelerle birlikte ThermoWood yöntemi ile 190°C ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süreli ısıtma işlemi uygulanmış ve 4 ısıtma varyasyonu oluşturulmuştur.

ThermoWood, Finlandiya'da VTT tarafından geliştirilen, taze veya hava kurusu ağaç malzemeye 180–250°C sıcaklıklarda buhar koruması altında termal yol ile su buharı koruması altında ısıtma işleminin uygulanmasını sağlayan yöntemdir (Rapp A.O 2001). Gerek dünyada ve gerek ise ülkemizde patentli ve aynı zamanda ticarileşmiş bir ısıtma işlem yöntemi olarak dikkati çekmektedir. Patentli ve ticarileşmiş ısıtma işlem yöntemi

olarak ülkemizde de uygulanıyor olması nedeni ile doktora çalışmasında tercih edilmiştir.

Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench odunu üzerinde yaşlandırmanın etkisini belirlemek, meydana getirdiği bazı fiziksel değişimleri incelemek için ise hazırlanan test örnekleri 144, 288, 576 ve 864 saat sürelerde hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur.

Bu çalışmanın amaçları,

- Ülkemizde doğal olarak yetişmekte olan ve çok büyük ekonomik değer oluşturma potansiyeline sahip Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun, ısıtma işlem ve yaşlandırmaya tabi tutulduktan sonraki bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemek ve değişimlere ait bir veri tabanı oluşturmak.
- Isıtma işlem görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun kullanılabilir olduğu alanlar için fırsatları ortaya koymak.
- Çevreye dost üretim teknolojilerinin kullanımını teşvik ve yaygınlaştırılmalarına katkıda bulunmak.

Bu çalışma aşağıda kısaca özetlendiği gibi dört bölümden oluşmaktadır;

1. Giriş Bölümü: Çalışmanın amaçları ortaya konularak, çalışma kapsamında bağlantılı konular ayrıntılı olarak ortaya konmuş ve konu ile ilgili literatür irdelemesi yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem: Çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan materyaller ve ekipmanlar tanımlanmış, çalışmada yararlanılan yöntemler ve esaslar hakkında bilgi verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma: Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgular ortaya konmuş ve istatistiksel sonuçlar verilmiştir. Değerlendirme sonucu ortaya çıkan bulgulara ait sonuçlar konu ile ilgili yapılmış çalışmalarla karşılaştırılarak irdelenmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler: Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayalı öneriler ortaya konmuştur.

1.1.ISIL İŞLEM

1.1.1. Isıl İşlem İşlem Hakkında Genel Bilgiler

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesine dayanmaktadır (Johansson 2005). TS CEN/TS 15679/2010'a göre ısıl işlem görmüş ağaç malzeme, hücre duvarı malzemesinin kompozisyonu ve fiziksel özellikleri 160°C'nin'den daha yüksek sıcaklığa ve oksijen mevcudiyeti azaltılmış şartlara maruz bırakılarak değiştirilmiş odun olarak tanımlanır. Böylece odunun en azından bazı özellikleri enine kesiti boyunca kalıcı olarak etkilenecek şekilde değiştirilmiş olmaktadır.

Ağaç malzemenin termal yöntemler ile yapısının değiştirilmesi üzerine 1920'li yıllarda ABD'de yapılan çalışmalardan sonra, 1930'larda Almanya'da Stamm ve Hansen ile 1940'lı yıllarda Amerikada White tarafından çalışıldı. 1950'li yıllarda Germans Bavendam, Runkel ve Buro konu üzerinde araştırmaya devam ettiler. 1960'lı yıllarda Kolman ve Schneider, 1970'li yıllarda Rusche ve Burmester elde ettikleri bulguları yayınladılar. Daha sonraki yıllarda Fransa ve Hollanda'da konu üzerinde pek çok çalışma yapılmakla birlikte en yoğun ve geniş kapsamlı araştırmalar eş zamanlı olarak Finlandiya'da gerçekleştirildi. Finlandiya'daki çalışmaların uygulamaya yönelik sonuçları YTI (The Institute of Environmental Technology) tarafından yayınlandı (Anonim 2003).

Isıl işlem teknolojileri hızlı büyüyen ve dayanıklılığı düşük iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin kalitesini yükseltmek için ekonomik olarak cazip bir seçenek sunar. Avusturya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Almanya, Hollanda ve İsviçre ülkelerinde 2007 yılı itibariyle 130.800 m³ ısıl işlem uygulanmış kereste üretimi yapılmıştır. Günümüzde ısıl işlem uygulanmış kerestenin ticari değeri idrak edilmeye başlanılmış olup ısıl işlem teknolojileri bir dizi farklı ürünler için rekabet edici bir materyal sunması ile uygun maliyetli olarak görülmektedir (Kocaefe ve diğ. 2008).

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma

ve genişlemedeki azalmaya bağı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişmeler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıl işlem uygulaması emprenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir (Enjily ve Jones 2006, Wikberg 2004).

Isıl işlem uygulanmış kereste gibi sürdürülebilir materyallerin kullanımı ile daha az sürdürülebilir materyallerin (emprenye edilmiş kereste, plastikler, metaller ve beton) kullanımının azaltılması sağlanmış olacaktır. Isıl işlem teknolojileri, ülkelerin doğal ve plantasyonlarda yetişen ağaç türlerinden kullanım sürelerinin artması ile daha iyi yararlanma ve ağaç türlerinin potansiyel pazarını artırma olanağı sağlamaktadır. Böylece ısıl işlem uygulanmış kereste hammaddenin sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunmaktadır. Isıl işlem uygulanmış kereste kullanım süresi bittiğinde enerji istasyonlarında yakıt kaynağı olarak kullanılarak temiz enerji sağlanır ve fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan CO₂ emisyonu azaltılmış olur. Isıl işlem uygulanmış kereste yakıldığı zaman yayılan CO₂ miktarı ağaçların büyümesi boyunca sabitlenmiş CO₂ miktarına eşittir (Enjily ve Jones 2006).

Isıl işlem uygulanmış kereste bina dış cephe kaplaması, iç mekan kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekan mobilyaları ve müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır. Isıl işlem uygulanmış kereste yapı endüstrisinde kullanım için büyük bir potansiyeldir. Yüksek biyolojik tehlike şartları altında önemli faktörler olan odunun dayanımı ve boyutsal stabilitesinin ısıl işlem uygulaması ile iyileşmesi önemlidir ve mekanik özellikler üzerine de etkilidir. Yapılarda meydana gelen tipik kuvvetler ve uygulaması, ısıl işlem uygulanmış odunun kırılma davranışı (ani kırılmalar) ve tipik direnç karakteristiklerinin (çekme direnci) hesaba katılmasında dikkatlice düşünülmelidir. Diğer taraftan basınç direnci, sertlik ve rijitlik

gibi direnç özelliklerinin iyileşmesi bazı kullanım yerleri için ısı işlem uygulanmış kerestenin kullanılmasını desteklemektedir (Enjily ve Jones 2006).

Isıl işlem ile ağaç malzemenin rutubet alışverişinin ve denge rutubeti miktarının azaltılması, çalışmanın en aza indirilmesi, tahrip edici organizmalara karşı biyolojik direncin ve permeabilitenin artırılması ile üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmek amaçlanmaktadır (Tomak ve Yıldız 2010).

Isıl işlem görmüş odunda akustik özelliklerinin iyileştiği, ısı iletkenliğinin azaldığı, brinell sertlik ve liflere paralel basınç değerinin yükseldiği sonuçları gözlenmiş olup, çeşitli kullanım yerleri için sunduğu bu olumlu özelliklerinin ağaç malzemenin kullanım potansiyelinin artırılmasına katkı sağlayacağı açıktır. Isıl işlem görmüş odun, dış hava koşullarında kullanım için tercih edilebilecek olumlu özelliklere sahiptir. Ancak ekseriyetle mekanik özelliklere ait direnç değerlerinde düşüşler görüldüğünden yapı elemanı olarak kullanımında emniyet tedbirlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

1.1.2. Isıl İşlem Metotları

Isıl işlem metotları, eski metotlar ve yeni metotlar diye ikiye ayrılır. Eski metotlar; Staybwood (odunun sıkıştırılmayarak yalnız ısı ile boyutsal stabilitesinin sağlanması) ve Staypak (şiddetli bir ısıtma ile sıkıştırılarak stabilize edilen odun)'tır (Korkut ve Kocaefe 2008).

Yeni metotlar; ThermoWood (Finlandiya), PlatoWood-Lignius-Lambowood (Hollanda), Retification process (Retiwood)-New Option wood-Le Bois Perdure (Fransa), Hot Oil treatment (OHT)-Menz Holz (Almanya), Calignum (İsveç), Thermabolite (Rusya), Huber Holz (Avusturya), Wood treatment technology (WTT) (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya) (Sundqvist 2004, Tjeerdsma 2006).

Avrupa'da çeşitli araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısının aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısı işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, ağaç malzemenin yaş veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ısıtma ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem

şartlarına ve ısıtım işlem kazanı ve fırını gibi ısıtım işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (Boonstra 2008).

Avrupa’da son yıllarda geliştirilen ve Avrupa pazarında kabul gören bazı ısıtım işlem yöntemlerinin temel karakteristikleri Çizelge 1.1’de görülmektedir.

Çizelge 1.1. Bazı ısıtım işlem yöntemlerinin temel karakteristikleri (Anonim 2013a).

Isıtım işlem metodları	Ortam	Rutubet durumu	Sıcaklık (°C)	Uygulama	Ülke
Thermo Wood	Buhar	Taze veya hava kuruşu ağaç	150-240	1.Sıcaklık artışı 2.Isıtım işlem 3.Soğutma ve kondisyonlama	Finlandiya
Plato Wood	Buhar ve hava	Taze veya hava kuruşu ağaç	170-190	1.Ön kurutma 2.Hidrotermoliz 3.Kurutma 4.Isıtım işlem 5.Denkleştirme ve soğutma	Hollanda
Oil Heat treatment	Sıcak yağ	Hava kuruşu veya yaklaşık % 6	180-220	1.Isıtım ve kurutma 2.Isıtım İşlem 3.Soğutma	Almanya
Retification	N ₂	Hava kuruşu	200-240	1 basamak	Fransa
Bois Perdure	Buhar	Taze ağaç	200-240	1 basamak	Fransa

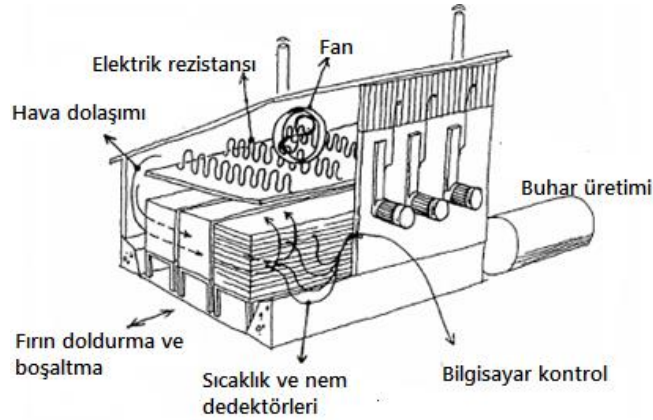
Günümüzde bu yöntemler içerisinde ticari amaçlar için en fazla kullanılan “ThermoWood” yöntemidir.

1.1.2.1. ThermoWood Metodu

Finlandiya’da ağaç malzemeye ısıtım işlem 1990’lı yılların başlarında kurulan bir fabrika ile başladı. VTT tarafından geliştirilen ThermoWood yöntemi ile çalışan fabrika sayısı kısa zamanda arttı ve sekize yükseldi. Aynı zamanda araştırma çalışmaları da devam etti. Son yıllarda ısıtım işlem görmüş ağaç malzemenin marketlerde yer almaya başlaması nedeni ile üretici gruplar arasında birlikteliği sağlamak ve tüketicileri ısıtım işlem görmüş ağaç malzeme hakkında bilinçlendirmek için sınıflandırma ve kalite kontrol üzerinde yoğunlaşan çalışmalar yapılmaktadır.

ThermoWood yönteminde işlem yüksek sıcaklıkta su buharı koruması altında yapılır. Isıtım işlem şartları, odundaki uçucu bileşik yapılarını harekete geçirerek korozyona sebep olduğundan ısıtım işlem ekipmanları boyasız çelikten yapılır. İlâveten yüksek sıcaklık;

havalandırma tertibatı ve radyatör çözümleri ile güvenlik araçları gerektirir. Isıl işlem uygulamalarında bioyakıt, fueloil veya gaz kullanılarak çalıştırılan sıcak yağ ısıtma sistemleri ve direkt elektrikli ısıtma sistemi kullanılır. Bunlara ilaveten ısıl işlem için gerekli olan buharı üretmek için özel bir buhar üretim sistemi gereklidir. Isıl işlem süresince odundan suyun buharlaşması fırınlama metodu ile gerçekleştirilir. Fırınlama metodunun öncelikli amacı odundan buharlaşan bileşiklerin sebep olduğu çevre zararlarını minimuma indirmektir. Sistemde elektrik ekipmanı olarak kereste kurutmada kullanılan ekipmanlar kullanılır. Fırının içerisindeki havanın rutubet içeriğini ve ısıyı saptayan elektrotlara, ayrıca fırının otomatik kontrolü için bir bilgisayara ihtiyaç duyulmaktadır (Anonim 2003). ThermoWood yönteminin uygulandığı bir ısıl işlem tesisinin şeması Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. ThermoWood yöntemi ısıl işlem tesisi şeması (Rapp 2001).

Isıl işlem uygulanacak olan ağaç malzeme çıtalı sandık şeklinde istiflenerek forklift veya raylı sistemler üzerinde ısıl işlem fırınına nakledilir (Şekil 1.2). ThermoWood yönteminde taze veya hava kurusu rutubete sahip ağaç malzemelere ısıl işlem uygulaması 3 safhada gerçekleştirilir;

- *Fırın sıcaklığının artırılması ve yüksek sıcaklıkta kuruma safhası:* Fırın sıcaklığı ısı ve buhar kullanılarak hızlı bir şekilde önce 100°C'ye, ardından daha yavaş bir artışla yüksek sıcaklıkta kurutmayı gerçekleştirmek üzere 130°C'ye kadar çıkarılır. Yaklaşık olarak 14-30 saat arasında değişen bu safhada ağaç malzemenin rutubeti yaklaşık olarak sıfıra kadar düşürülür.



Şekil 1.2. ThermoWood yöntemi fırının doldurulması (Aytin 2012).

- *Isıl İşlem safhası:* Yüksek sıcaklık safhasının bitiminde yaklaşık olarak 6-8 saatlik bir zamanda fırın içerisindeki sıcaklık hedeflenen ısı işlem sıcaklığı olan 185°C ve 215°C'ye kadar yükseltilir. Ulaşılan ısı işlem sıcaklığında uygulamanın yapılma amacına bağlı olarak 0,4 saat ile 4 saat süre ısı işleme devam edilir. Ağaç malzemenin yüksek ısıda zarar görmesini önlemek amacı ile fırın içerisine buhar gönderilir.
- *Soğutma ve kondisyonlama safhası:* Su spreyi sistemi kullanılarak ağaç malzemenin sıcaklığı 50°C ile 60°C'ye kadar düşürülür. Bu işleme ağaç malzemenin rutubeti %4-6'ya ulaşıncaya kadar devam edilir. Soğutma ve kondisyonlama safhası ısı işlem yapılan ağaç malzemenin kalınlık ve genişliğine bağlı olarak yaklaşık olarak 24 saat ile 30 saat arasında değişmektedir. ThermoWood yöntemi ile ısı işlemi tamamlanmış halde fırından boşaltılan ağaç malzeme resmi Şekil 1.3'de verilmiştir.

ThermoWood işleminde toplam işlem süresi yaklaşık olarak 50 saat ile 80 saat arasında değişmektedir.

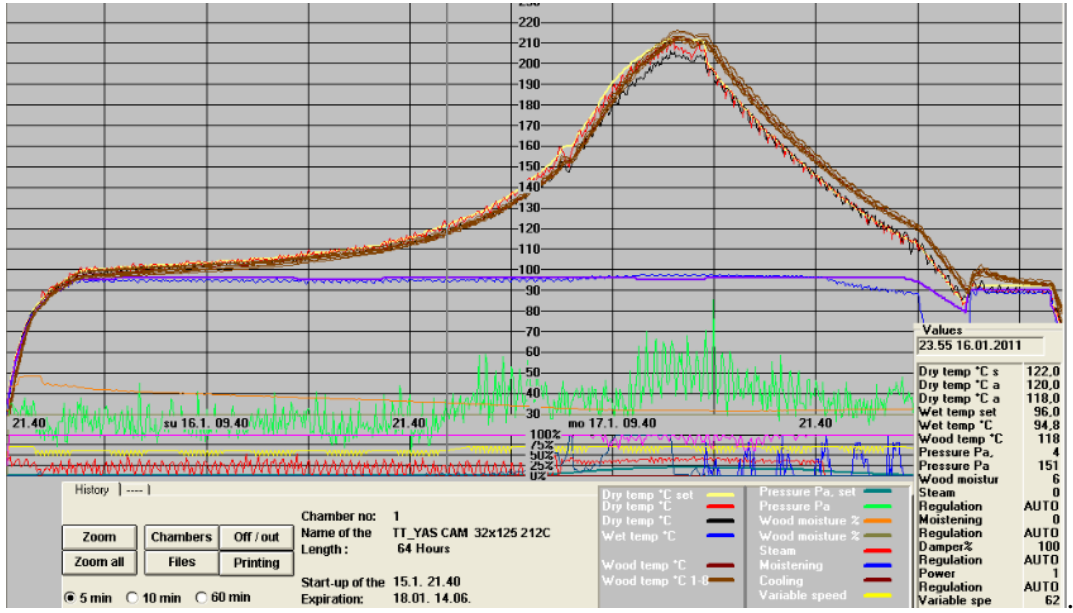
ThermoWood yapılacak ağaç malzeme taze olduğunda, ağaç türüne uygun bir kurutma programı ile ısı işlem öncesi yüksek sıcaklıkta kurutulabilir. Rutubetin %10'dan büyük

olduğu durumlarda ısııl işlem sırasında ağağ malzemede pek çok çatlak ve renk farklılıkları meydana gelebilir (Rapp 2001). Sıcaklığın artırılması ve azaltılması sırasında yzey ve i çatlaklarını önlemek için ağağ türü ve boyutlarına (genişlik ve kalınlık) göre uygun değerleri içeren bir program uygulanır (Anonim 2003).



şekil 1.3. ThermoWood yönteminde fırının boşaltılması (Aytin 2012).

Taze haldeki ağağ malzemenin ısııl işleminde öncelikle bir kurutma safhası uygulanır ve fırın sıcaklığı hızla 100°C'ye yükseltilir. Taze halde ve 25 mm kalınlığındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris*) kerestelerinin yüksek sıcaklıkta kurutulmasında olduğu gibi yaklaşık 25-30 saatlik bir sürede kurutma gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklıkta kurutmanın ardından 6-8 saatlik bir sürede sıcaklık sürekli arttırılarak esas ısııl işlem sıcaklığına ulaşılır. Esas ısııl işlem sıcaklığında 0,5-4 saat arasında bir sürede ısııl işlem gerçekleştirilir ve soğutma-kondisyonlama işlemine geçilir. Soğutma ve kondisyonlama işlemi 24-36 saat arasında bir sürede tamamlanır ve ısııl işlem programı bitirilir (şekil 1.4).



Şekil 1.4. ThermoWood ısıl işlem grafiği (NovaWood firmasından alınmıştır).

ThermoWood, Thermo S ve Thermo D olmak üzere iki standart işlem sınıfına sahiptir. Thermo S'deki "S" harfi kararlılık, sağlamlık anlamına gelir. Stabilité bu işlem sınıfındaki ürünlerin kullanım yerleri için anahtar özelliktir. Thermo S sınıfında işlem görmüş ağaç malzemenin rutubetten dolayı daralma ve genişleme ortalaması %6-8'dir. Thermo S, EN 113 standartlarına göre nisbeten dayanıklı olarak sınıflandırılır. Çürümeye karşı doğal direnci "SINIF 3" gereksinimlerini karşılar.

Thermo S sınıfı kerestenin üretici firmalar tarafından tavsiye edilen son kullanım alanları Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Thermo S sınıfı kerestenin kullanım alanları (Anonim 2013b)

Thermo S Yumuşak Ağaç	Thermo S Sert Ağaç
Yapı malzemeleri	Döşemecilik
Kuru ortamlardaki döşemecilik	Mobilya
Mobilya	Zemin kaplama
Bahçe mobilyası	Sauna yapıları
Sauna bankları	Bahçe mobilyası
Kapı ve pencere malzemeleri	
Dış cephe kaplama	

Thermo D'deki "D" harfi dayanıklılık anlamına gelir. Dayanıklılık bu işlem sınıfındaki ürünlerin son kullanım yerleri için anahtar özelliktir. Thermo D sınıfında işlem görmüş ağaç malzemenin rutubetten dolayı daralma ve genişleme ortalaması %5-6'dır. Thermo

D, EN 113 standartlarına göre dayanıklı olarak sınıflandırılır. Çürümeye karşı doğal direnci “SINIF 1” gereksinimlerini karşılar.

Thermo D sınıfı kerestenin üretici firmalar tarafından tavsiye edilen son kullanım alanları Çizelge 1.3’te verilmiştir

Çizelge 1.3. Thermo D sınıfı kerestenin kullanım alanları (Anonim 2013b)

Thermo D Yumuşak Ağaç	Thermo D Sert Ağaç
Dış cephe kaplama	Dış cephe kaplama
İç ve dış kapı	Dış mekân zemin kaplamaları
Kapı pencere kafesi, panjur	Bahçe mobilyası
Çevresel yapılar	Yer kaplamaları (parke)
Sauna ve banyo mobilyası	
Zemin döşeme	
Bahçe mobilyası	

ThermoWood yönteminde ısıtım sınıflarında ağaç malzemenin özellikleri Çizelge 1.4’de verilmiştir.

Çizelge 1.4. ThermoWood metodunun ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkisinin ısıtım sınıfları ile özeti (Anonim 2013b)

Özellik/Sınıf	İğne Yapraklı Ağaçlar (Çam ve Ladin)		Yapraklı Ağaçlar (Iroko, Dişbudak, Meşe, Kayın)	
	Thermo S	Thermo D	Thermo S	Thermo D
İşlem sıcaklığı	190 °C	212 °C	180 °C	200 °C
Dayanıklılık	+	++	Nötr	+
Boyutsal stabilite	+	++	+	+
Eğilme direnci	Nötr	-	Nötr	-
Renk koyulaşması	+	++	+	++

ThermoWood yöntemi ile Avrupa’da çoğunlukla, çam (*Pinus sylvestris* L.), ladin (*Picea abies*), huş (*Betula pendula*) ve kavak (*Populus tremula*) ısıtım işlem yapılarak piyasaya arz edilmektedir. Ülkemizde Gerede-BOLU’da faaliyet gösteren ve Thermowood yöntemi ile ısıtım işlem yapan Novawood A.Ş.fabrikasında ise yurt dışından getirilen çam(*Pinus sylvestris* L.), ladin (*Picea abies*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve amerikan dişbudağı (*Fraxinus americana*) ağaçlarına ısıtım işlem yapılarak yurt içi ve yurt dışı pazarına sunulmaktadır.

1.1.2.2. Plato Wood Metodu

Ruyter (1989) tarafından patenti alınan Plato Wood metodu taze haldeki ağaç malzeme için beş, hava kurusu haldeki ağaç malzeme için dört basmakta uygulanır. Hava kurusu

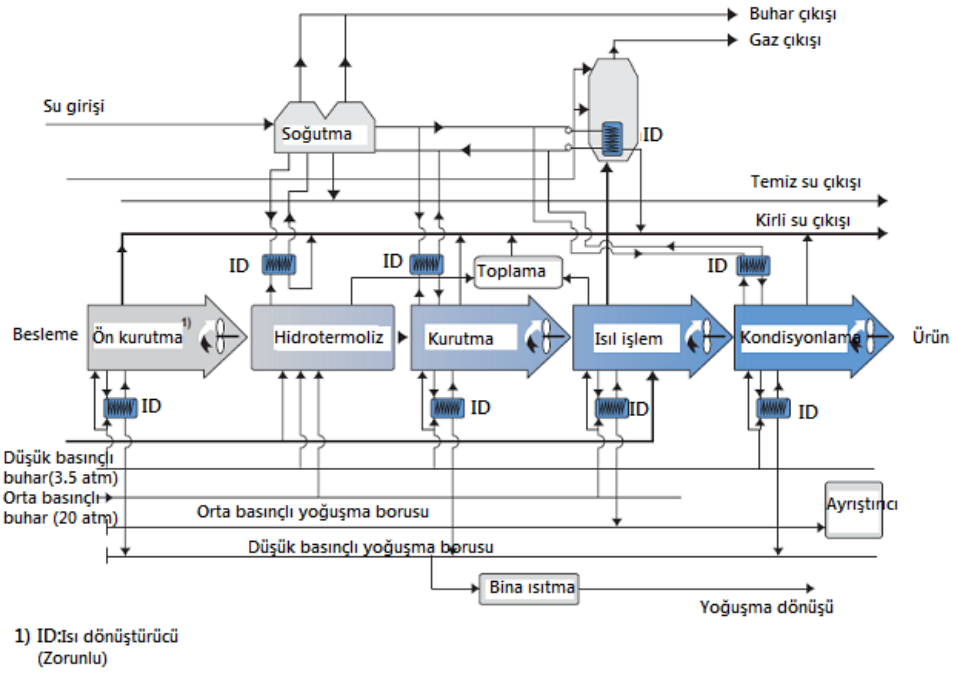
ağaç malzeme kullanıldığında 1. basamakta hidrotermoliz işlemi uygulanır. Hidrotermoliz safhasında ağaç malzeme sulu ortamda ve kuvvetli atmosfer basıncı altında 150°C-180°C sıcaklıkta muamele edilir. İkinci safhada safhada 3-5 günlük bir sürede klasik kurutma yöntemi ile ağaç malzeme rutubeti %8-10 düzeyine indirilir. Üçüncü safhada 150°C-190°C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulanır ve yaklaşık olarak 16 saat sürer. Ağaç malzeme rutubeti %1 civarına kadar iner. Son safhada ise 2-3 günlük bir denleştirme periyodu uygulanır. Denleştirme işleminden sonra ağaç malzeme %4-6 rutubet içeriğine sahip olur. Plato Wood metodunda taze haldeki ağaç malzemeye ısı işlem uygulanacaksa hidrotermoliz işleminden önce klasik kurutma yöntemi ile ön kurutma işlemi gerçekleştirilir (Rapp 2001).

Plato Wood yönteminde selüloz molekülleri çok büyük oranda işleminden etkilenmez, bu ağaç malzemelerin mekanik özelliklerinin kullanım yeri için uygun olmasını sağlar. Diğer taraftan lignin molekülleri odun yapısı içerisinde çapraz bağlanma meydana getirmesi ağaç malzemenin su itici özelliğinin artmasına yardım eder.

Plato Wood metodu Hollanda'da geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. 2000 yılında 50.000 m³'lük ısı işlem fırını yapılmıştır. Platowood ısı işlem yönteminde 1 m³'lük üretim maliyeti yaklaşık 100 Euro civarındadır. Bu maliyet; taşıma, enerji, su ve fabrikanın amortisman giderlerini içermekte olup ahşap maliyetini içermemektedir. Ürünün satış maliyeti kullanılan türe ve ürünün nihai özelliklerine bağlıdır (Rapp 2001).

Yıllık 75.000 m³ üretim kapasiteli bir fabrikanın satın alma maliyeti yaklaşık 10-15 milyon Euro olup bunu altyapı, destek ve buhar ile enerji gibi inşaat alanı faaliyet maliyetleri büyük oranda etkilemektedir. PlatoWood yönteminde 1 m³ için işletme maliyetleri 20 Euro olup su, enerji ve atık su arıtma giderlerini içermektedir (Rapp 2001, Güler 2010).

Plato Wood yönteminin işlem safhaları Şekil 1.5'de verilmiştir.

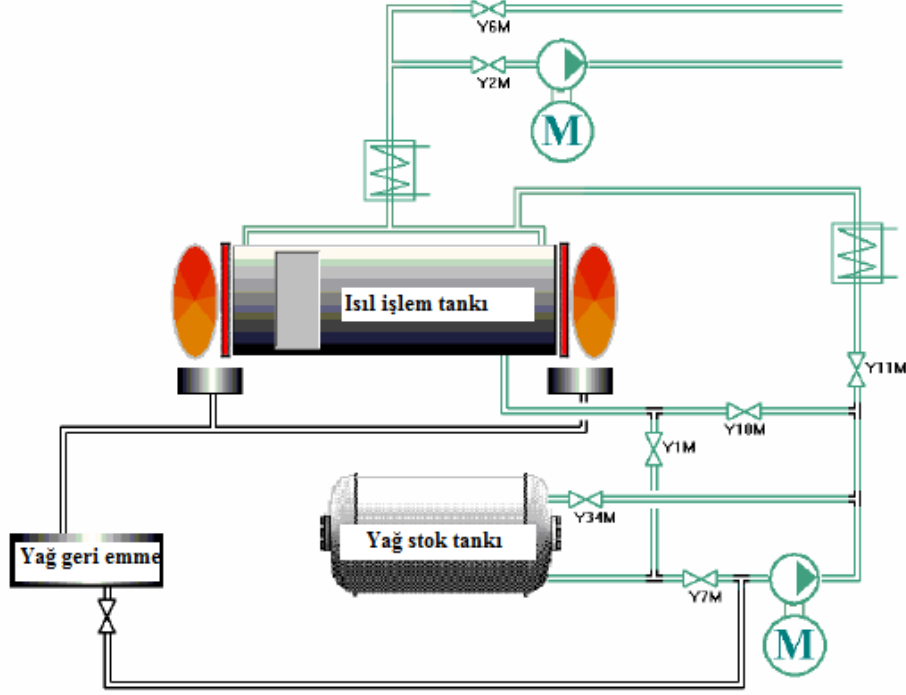


Şekil 1.5. Plato wood metodu işlem safhaları (Anonim 2013c)

1.1.2.3. Oil Heat Treatment Metodu

Isıl işlem 180-260°C'de inert gaz atmosferinde uygulanır. Birçok doğal yağ ve reçinenin kaynama noktası ahşabın ısıl işleme tabi tutulması için gerekli olan sıcaklıktan daha yüksektir. Bu durum sıcak yağ banyosunda ahşabın ısıl işleme tabi tutulmasına olanak sağlamaktadır (Rapp 2001; Güler 2010; Bustos 2011).

İşlem kapalı bir tankta gerçekleştirilir. Tank ağaç malzeme ile doldurulduktan sonra sıcaklığı yüksek yağ stok tankından tank içerisine gönderilir. Sıcak yağ tank içerisinde ağaç malzemenin etrafında dolaşır. İşlem tamamlanınca ağaç malzeme işlem tankından boşaltılmadan önce yağ stok tankına geri gönderilir. Bu metotta ısıl işlem 3 safhada gerçekleşmektedir. Birinci safha ısıtma ve kurutma safhası olup sıcaklık 60°C'den 160-200°C'ye kadar çıkmaktadır. İkinci safhada ahşabın kalınlığının orta noktası maksimum sıcaklığa ulaştığında asıl ısıl işlem basamağı 2-4 saat arasında uygulanmaktadır. Üçüncü safhada ise soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Oil Heat Treatment yönteminin şeması Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. Oil heat treatment işlem tankı (Rapp 2001).

Oil Heat Treatment metodunda malzeme kalitesine göre farklı sıcaklık uygulanmaktadır. Isıl işlemde maksimum dayanıklılık ve minimum yağ tüketimi isteniyorsa ısıtma sıcaklığı 220°C , maksimum dayanıklılık ve maksimum direnç değerleri isteniyorsa $180\text{-}200^{\circ}\text{C}$ olmalıdır. Isıtmada ham bitkisel yağ (Şalgam tohumu, keten tohumu ve ayçiçeği yağı) kullanılmaktadır (Rapp 2001).

8.500m^3 kapasiteli bir fırın 450.000€ 'ya mal olmaktadır. Fırınların amortisman payı $5.2\text{€}/\text{m}^3$ olup 10 yıllık bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Ladin için işletme maliyeti $60\text{-}90\text{€}/\text{m}^3$ 'tür. Isıl işlem uygulanmamış ladin kerestesinin maliyeti $200\text{€}/\text{m}^3$ olduğu kabul edilirse ısıtma uygulanmış kerestenin maliyeti $265\text{-}295\text{€}/\text{m}^3$ olmaktadır. Almanya'da Ağustos 2000 itibariyle 2.900m^3 'lük bir fırın var iken daha sonraki yıllarda kapasite 8500m^3 'e ulaşmıştır (Rapp 2001).

1.1.2.4. Retification (Retified Wood) Metodu

Ecole des Mines de Saint-Etienne tarafından geliştirilen ve New Option Wood Şirketi tarafından patenti alınan bir metottur. Ahşap önce %12 rutubete kadar kurutulmakta daha sonra %2'den daha az oksijenin bulunduğu nitrojen gazı (inert gaz) içeren atmosfer şartlarında ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır. Isıl işlem sıcaklığı $210\text{-}240^{\circ}\text{C}$

arasında uygulanmaktadır. Bu sıcaklıklarda ahşabın dayanıklılığı artmakta, fakat direnç özelliklerinde azalma meydana gelmektedir. İşletme faaliyetlerinde elektrik enerjisi kullanılmaktadır (Rapp 2001).

Retification metodu işletme maliyeti 150-160 Euro/m³ kadardır. Retification metodunda kapasitesi 3.500 m³/yıl olan 8m³/şarj kapasitesinde ısıtma işlemi için bir tesis için toplam yatırım maliyeti 750.000 Euro kadardır. Yatırım maliyetleri enerji, nitrogen, bakım, patent, atık tasfiyesi ve işçilik maliyetleri gibi kalemlerden oluşur (Rapp 2001, Güler 2010).

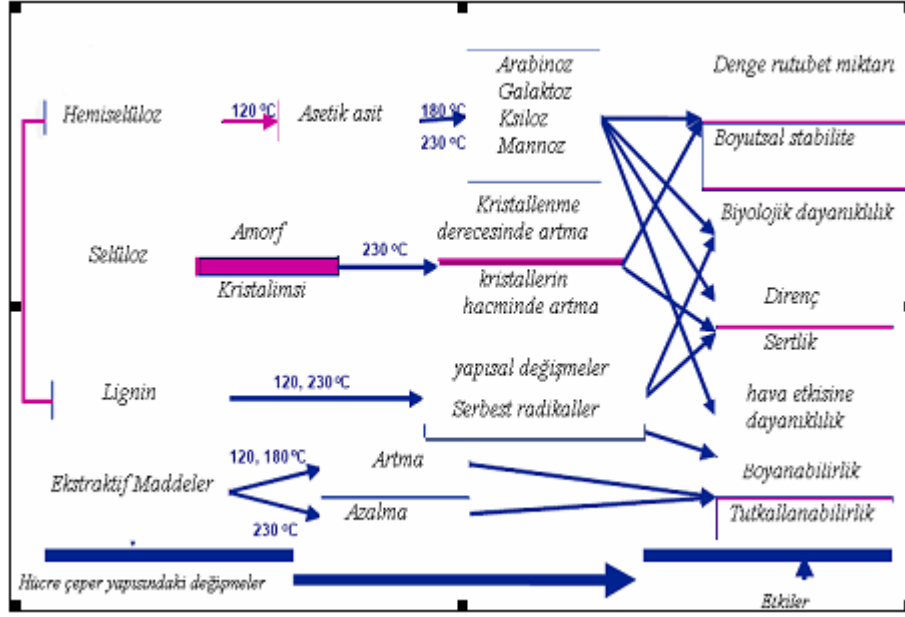
1.1.2.5. Le Bois Perdure Metodu

BCI-MBS Şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu metotta taze haldeki keresteler ısıtma işlemine tabi tutulabilmektedir. Öncelikli olarak ahşap kurutulmakta daha sonra doymuş su buharı atmosferi altında 230°C'de asıl ısıtma işlemi safhası gerçekleştirilmektedir. Isıtma işlemi sıcaklığı 230-240°C arasında olursa ahşabın dayanıklılığı artmakta, fakat direnç özellikleri azalmaktadır. Le Bois Perdure metodunun işletme maliyeti 100 Euro/m³'tür. Yıllık kapasitesi 3.500 m³ olan 8m³/şarj bir tesis Le Bois Perdure metodu için 500.000 Euro yatırım maliyetine mal olmaktadır. Le Bois Perdure metodu gaz enerjisi kullanılmaktadır (Rapp 2001, Güler 2010).

1.2. ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

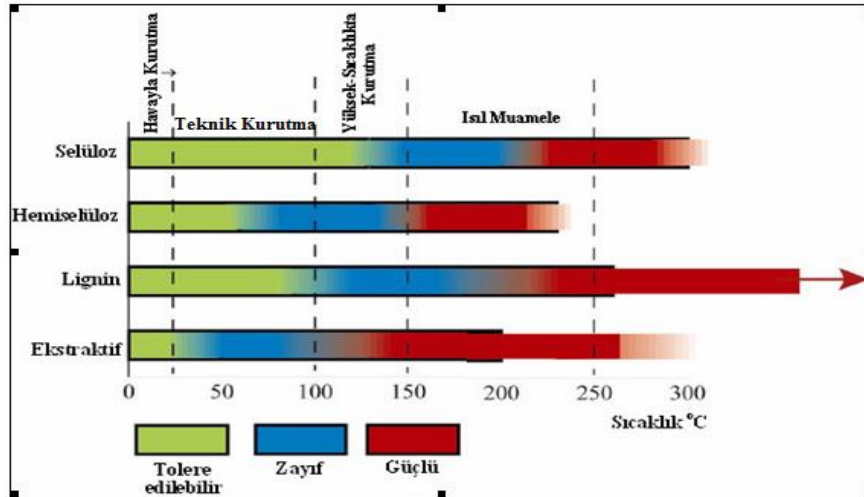
1.2.1. Kimyasal Özellikler

Odun düşük moleküllü bileşiklerden polimerik bileşiklere kadar kompleks bir yapıya sahiptir. Isıtma işlemi uygulaması süresince odunun fiziksel ve mekanik yapısında meydana gelen sayısız değişimleri anlamak için odunun kimyasal bileşimini, yapısını oluşturan ana bileşenlerin temel karakteristiklerini ve fiziksel özelliklerini çok iyi bilmek gerekmektedir. Isıtma işlemi uygulanmış bir ağaç malzemenin reaksiyon mekanizması Şekil 1.7'de verilmiştir (Korkut ve Kocaefe 2009).



Şekil 1.7. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması (Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemede hücre çeperi ana bileşenlerinin sıcaklıkla etkileşimi birbirinden farklı bulunmaktadır. Ağaç malzeme hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde sıcaklık etkisi ile meydana gelen değişimler Şekil 1.8'de verilmiştir (Sundqvist 2004).



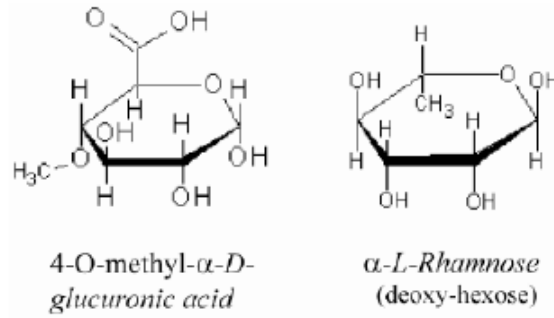
Şekil 1.8. Ağaç malzemenin kurutulması ve ısıl işlemi hücre çeper ana bileşenleri ile ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim (Sundqvist 2004).

Lignin ve hemiselülozdaki değişim yaklaşık 120°C'ta başlamasına rağmen, sıcaklığın selüloza olan etkisi daha yüksek sıcaklıklarda belli olmaktadır. Sıcaklığın artırılması ile ana bileşenlerdeki değişim daha belirgin hale gelmektedir.

1.2.1.1. Hemiselüloz

Sjöström (1993)'e göre odun hemiselülozları, odunun tam kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturur ve öncelikle D-glikoz, D-galaktoz ve D-mannoz gibi 6 karbonlu (heksoz) ve L-arabinoz ve D-ksiloz gibi 5 karbonlu (pentoz) halka şeklindeki çeşitli basit şeker ünitelerinden oluşan dallanmış amorf polimerlerdir. Orta lamelde %27, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında %35 ve S2 tabakasında yaklaşık %15 oranında bulunur. İğne yapraklı ağaçlarda %20 galaktoglukomannan ve %5-10 arabinoglukoronoksilan ve yapraklı ağaçlarda %15-30 glukoronoksilan ve %2-5 glukomannan ana hemiselülozları oluşturur. İğne yapraklı ağaçlarda basınç odununda yaklaşık %10 oranında galaktan vardır. Ksilanlar glukomannanlardan farklı olarak asidik gruplar (glukuronik asid) içerir ve moleküler yapısı selüloza benzerdir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Bazı hemiselüloz polimerlerinde az miktarda 4-O-metil-β-D-glukuronik asit gibi şeker asitleri içerir. Bazı odun türlerinde ise az miktarda α-L-ramnoz gibi deoksi-şekerler bulunur. Şekil 1.9'da 4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz molekül yapısı verilmiştir (Sjöström 1993).



Şekil 1.9. 4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz (Sjöström 1993).

Hemiselülozlar düz zincir omurgasına sahip fazla sayıda dallanmış ve selüloza göre polimerizasyon derecesi düşük (100-200) bir yapıya sahiptir. Selüloz zincirlerinin amorf bölgelerinde bulunur ve lignin ile yakın ilişki içerisindedir. Selüloz ve lignin bağlayıcı materyal olarak görülmekte ve hücre çeperinin yoğunluğunu arttırmaktadır. Ana zincirdeki monomer üniteleri birbirleri ile bir glikoz yapı taşının C1 atomu onu izleyen

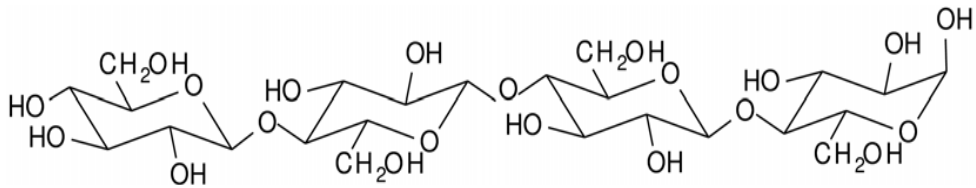
glikoz molekülünün C4 atomuna oksijen köprüsü ile bağlanması şeklinde olan ve β (1→4) olarak ifade edilen glikozidik bağ (eter bağı -C-O-C-) ile bağlanır. Hemiselüloz şekerleri lignin polimerine ise kovalent bağla bağlanmıştır. Hemiselüloz ve selüloz zincirleri arasında ve hemiselüloz zincirleri içinde hidrojen bağları mevcuttur (Korkut ve Kocaefe 2009).

Hemiselülozlar selüloz mikrofibrillerinin yüzeylerine bağlıdır ve mikrofibriller arasını doldurmaktan kaçınırlar. Bu düzenleri ile çözücüler ve suya karşı selüloza nazaran daha hassastır (Sjöström 1993).

Boonstra (2008), hemiselülozların ısı işlem süresince hidroliz reaksiyonları tarafından oligomer ve monomere depolimerize olduğunu, sıcaklık ve süredeki artmaya bağlı olarak arabinoz ve galaktoz gibi yan zincir bileşenlerinin ayrıldığını ve bunu mannoz, glikoz ve ksiloz gibi ana bileşenlerin bozunmasının izlediğini vurgulamaktadır. Pentoz ve heksozların sırasıyla furfural ($C_5H_4O_2$) ve hidroksimetilfurfural ($C_6H_6O_3$)'a dehidrate olduğunu belirtir. Bundan başka hemiselülozun asetil yan zincirlerinden asetik asit ayrıldığını ve odunun asetil ($COCH_3$) içeriğinin azaldığını, hemiselülozun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidrolize olması sonucu boyutsal stabilitenin arttığını ve denge rutubet miktarının azaldığını açıklar. Rutubet içeriğinin yüksek sıcaklıkta odun bileşenlerinin depolimerizasyonu işlemini kuvvetlice katalize ettiğini bildirir.

1.2.1.2. Selüloz

Selüloz odunun tam kuru ağırlığına oranla %40-45'ini oluşturmaktadır. Selüloz molekülü dallanmamış, rijit zincir yapılı ve β (1→4) glikozidik bağ ile bağlanmış anhidro-D-glikopiranoz halka ünitelerinden oluşmuş uzun ve düz polimerdir. Her bir glikoz ünitesi C2, C3 ve C6'da hidroksil (OH) gruplarına sahiptir (Johansson 2008). Selülozun moleküler yapısı Şekil 1.10'de verilmiştir (Johansson 2008).



Şekil 1.10. Selülozun moleküler yapısı (Johansson 2008).

Sjöström (1993)'e göre, protofibrillerdeki selüloz molekülleri birbirleri ile hidroksil ve hidrojen arasında hidrojen bağları ile bağlanmışlardır. Hidrojen bağları ayrıca molekül zincirlerine rijitlik sağlamak amacıyla moleküller içinde de bulunmaktadır. Selülozun birbirine yakın katmanları arasında ayrıca van der waals bağları da etkilidir (Korkut ve Kocaefe 2009).

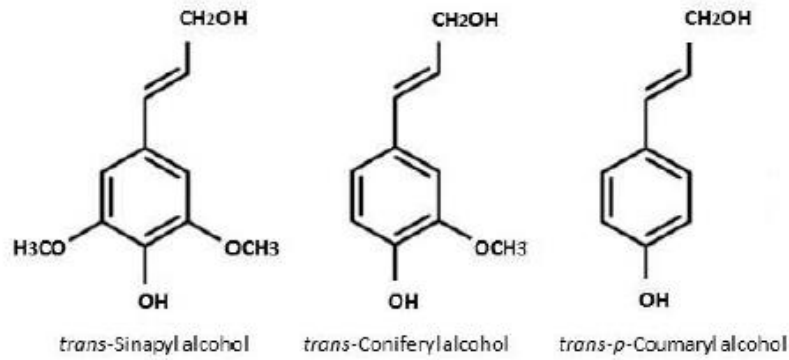
Selülozun kristallenme derecesi %60-70 arasında değişmektedir. Kristalimsi selüloz çok sınırlı bir su ve kimyasal çekime sahiptir. Bu nedenle kimyasal saldırılar öncelikli olarak amorf selülozda ve kristalimsi yüzeylerde meydana gelir. Selüloz orta lamelde yaklaşık %14, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında %35 ve S2 tabakasında %60 oranında bulunur. Selüloz öncelikli olarak yüksek polimerizasyon derecesi (DP=5000-10000) ve düz kristalimsi yapısı nedeniyle odunun direncinden sorumludur. Üniteleri arasında ve piranoz halkası içerisindeki kovalent bağlar sebebiyle çekme gerilmelerine son derece direnç göstermektedir. Selüloz liflerinin çekme direnci polimerizasyon derecesi 80 ve altında iken düşük, polimerizasyon derecesi 300 oluncaya kadar doğrusal olarak artmakta ve bu değer üstünde oldukça az bir artma görülmektedir (Sjöström 1993).

165-185°C gibi düşük sıcaklıklarda selülozun bozunması sınırlıdır. Selüloz yüksek derecede (%60-70) düzenli kristalimsi yapıya sahiptir ve bu da selüloz zincirlerine yüksek bir stabilite katmakta ve onları hidroliz (molekülün bir su molekülü ilavesiyle iki parçaya ayrılması) süresince asit saldırısına karşı korumaktadır. Kristalimsi selülozun hidroksil gruplarının fiziksel olarak bloke edilmiş olması reagent uygulamasına tepki vermesini engeller. Diğer taraftan amorf selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına dahil olabilir (Hill 2006).

1.2.1.3. Lignin

Sjöström (1993)'e göre lignin konfigürasyonu geniş bir değişim ile üç boyutlu aromatik amorf bir polimer olup hücre çeperinin en hidrofobik bileşenidir. Karbonhidratların etrafında ve üzerinde kabuk bağlama birimi olarak görülür ve odundaki lignin miktarı %20-40 arasında değişir. Lignin fenolik bir bileşik olup lignin biyosentezinin ilk basamağı olarak hidroksil (OH) ve metoksi (OCH₃) ikame eden para-kumaril alkol, koniferilalkol ve sinapil alkol gibi fenil propan ünite tipleri farklı olarak bağlanmış asimetrik yapı olarak düşünülebilir. Siringil üniteleri C3 ve C5'te 2 adet metoksi

grubuna, guayesil üniteleri C3'te 1 adet metoksi grubuna sahip olmakla birlikte p-hidroksifenil ünitelerinde ise metoksi grubuna rastlanmaz. Aromatik halkaya bağlı serbest fenolik grup her üç fenil propan tipinde de C4'te bulunur. Serbest fenolik gruplarının mevcudiyeti lignin bozunma oranını açık olarak desteklemektedir. İğne yapraklı lignininde fenil propan ünitesinin %10-30'u ve yapraklı ağaçlarda %9-15'i fenolik (OH) grup içermektedir (Korkut ve Kocaefe 2009). Lignin yapısındaki fenil propan üniteleri Şekil 1.11'de görülmektedir (Sjöström 1993-25, Borrega 2011, Alen 2000).



Şekil 1.11. Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri (Sjöström 1993, Borrega 2011, Alen 2000).

Sjöström (1993)'e göre, iğne yapraklı ağaç türleri lignini başlıca guayasil üniteleri ve az miktarda p-hidroksifenil ünitelerinden oluşmaktadır. P-hidroksifenil üniteleri esasen basınç odununda ve orta lamelde bulunmaktadır. Yapraklı ağaç türleri lignini siringil ve guayasil ünitelerinden oluşur. Lignin ünitelerini bağlayan kimyasal bağlar esas olarak eter bağları (-C-O-C-) ve karbon-karbon bağlarıdır. En yaygın eter bağı β-karbon ve komşu fenil propan ünitesinin O4 arasındaki β-aril eter bağı (yaklaşık %35) olup ayrıca lignin yapısında α-aril eter ve α-O-4 bağları da vardır. Genelde eter bağları karbon-karbon bağlarına nazaran kimyasallar ve ısıl işlem ile çok daha fazla kararsız ve hassastırlar.

Orta lamel %60 oranında lignin içermesine rağmen sekonder hücre çeperi S1 ve S2 tabakalarında aynı oranlarda olmak üzere %27-30 oranında lignin içermektedir. Hücre çeperi köşelerinde lignin oranı çok yüksektir. Lignin selüloz fibrillerini birlikte tutar ve hücre çeperi içerisinde selüloz moleküllerinin sertleştirme birimi olarak hareket eder.

Ayrıca karbonhidratlara su ulaşımını sınırlar ve bu nedenle odunun hidrojen bağlı yapısı üzerine suyun etkisi daha az olur (Korkut ve Kocaefe 2009).

Odun bileşenleri içerisinde lignin ısıya karşı en iyi karşı koyabilendir. Sıcaklık ancak 200°C'yi aştığı zaman lignin kütlesinde azalma ve β -aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriği azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerinden bazıları difenilmetan tipi ünitelere dönüşür. Difenilmetan tipi yoğunlaşma 120-220°C aralığında tipik bir reaksiyon olup renk, reaktivlik ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahiptir. Isıl işlem süresince lignin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Lignin ve hemiselüloz arasındaki kovalent bağlar (atomlar arasında veya atomlar ile diğer kovalent bağlar arasında elektron çiftlerinin paylaşılması) kırılır ve yüksek reaktivlikle düşük molekül ağırlığında lignin parçaları üretilir. Isıl işlem süresince ligninin aromatik çekirdeği C3 pozisyonunda metoksi (-O-CH₃) gruplarının çok daha muhtemel demetoksilasyon veya demetilasyonu (bir molekülde metil gruplarının (CH₃) kaldırılması) gibi görünür. Bu, reaksiyon için uygun aromatik lignin bölge sayısının artmasına neden olur ve ligninin aromatik çekirdeğinin reaktivliğini artırır. İki fenolik çekirdeği bağlayan metilen (-CH₂) köprülerinde artma olmaktadır. Formaldehid ve furfuraldehid bu metilen köprülerinin oluşumuna katkıda bulunur. Lignin O4'te ayrılır ve bazı lignin ünitelerinin C α 'da diğer lignin ünitelerinin fenolik çekirdeğin üzerinde serbest reaktif bölgeler ile şekillenmiş reaktif metilen gruplarının otokondenzasyonunu takiben meydana geldiği görülür (Boonstra 2008).

Odun bileşenlerinin hidroksil (-OH) ve fenil grupları (C₆H₅-) reaktif (kimyasal tepkimeye açık) iken selüloz ve hemiselülozda bulunan eter grupları fazla reaktif (kimyasal olarak aktif) değildir. Özellikle hemiselüloz ve ligninin hidroksil grupları önemli rol oynarken selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına daha az dahil olur. Isıl işlem sonucu genellikle hemiselülozun bozunması ile ortaya çıkan organik asitlerin etkisi ile odunun lignin-polisakkarit kompleksi yarılr. Higroskopisite (havadan rutubet absorbe etme yeteneği)'deki bu değişim karakteristiktir ve başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin kimyasal modifikasyonuna ve odun kristallenme derecesindeki fiziksel değişimlere dayandırılmaktadır. Higroskopisitedeki azalma odundaki hidrofilik bölgelerin (özellikle karbonhidratların hidroksil grupların) sayısındaki azalma ile ilgilidir. Isıl işlem uygulamasından sonra karbonhidratların

bozunması ile su absorbe eden hidroksil gruplarının konsantrasyonundaki azalma daha düşük su alımı ve absorpsiyonu ile sonuçlanır. Odun ısıya maruz kaldığında hidroliz ile asetillenen hemiselülozdan asetik asit oluşur. Serbest kalan bu organik asit hemiselülozun çözümlenebilir şekerlere hidrolizinde bir katalizör olarak görev yapar. Ek olarak amorf bölgedeki selüloz mikrofibrilleri asetik asit tarafından depolimerize olur ve bu da daha sonra selülozu kıırarak daha kısa zincirlere dönüştürür. Isıl işlem uygulanmış odunda başta hemiselüloz olmak üzere karbonhidratların depolimerizasyonu serbest hidroksil gruplarını içeren hidroksil gruplarının toplam miktarındaki azalma ile sonuçlanmaktadır (Kocaefe ve diğ. 2008).

Isıl işlem uygulaması süresince odunun karbon ve lignin içeriği özellikle daha yüksek hemiselüloz içermesi nedeniyle yapraklı ağaçlarda artmaktadır. Ligninin eter zinciri piroliz süresince daha kolay kopar. 200°C'den 250°C'ye kadar CO₂ ve diğer bileşikler ligninden ayrılır, 250°C'den 400°C'ye kadar polimerleşme eğilimli fenolik ve nötral yağlar üretilir ve ligninin ısı bozunması yaklaşık 270°C'de ekzotermik (ısıveren) olur. Lignin fraksiyonundaki değişimler metoksil içeriğindeki azalmalar olarak saptanmıştır (Kocaefe ve diğ. 2008).

1.2.1.4. Ekstraktif Maddeler

Odun yapısının içerisinde %5'ten daha az miktarda olmak üzere ekstraktif maddeler bulunmaktadır. Çeşitli odun türlerinde farklılıklar gösteren odun ekstraktifleri terpenler, yağlar, vakslar ve fenol gibi bileşiklerdir. Odunun ana bileşenleri arasında kabul edilmezler. Isıl işlem uygulaması sırasında kolaylıkla uçucu özellik kazanıp ağaç malzemedden ayrılarak havaya karışırlar (Karakaş 2008).

Reçine asitleri 100–180°C arasında ısıl işlem görmüş odun örneklerinin merkezinde bulunabilir. Fakat 200°C'nin üzerinde reçine asitleri artık belirlenemez düzeye gelir. Isıl işlem görmüş odunda ölçülen uçucu organik bileşiklerin (VOC) emülsiyon formları görülebilmektedir. 230°C sıcaklıklarda 24 saat süreyle muamele edilen kerestenin VOC profillerinin belirlenmesinde uçucu terpenlerin çok düşük emülsiyonu olduğu belirlendi. Bunun yanında furan karboksil aldehit, asetik asit ve 2 propan odun bileşenlerinden termal parçalanmayla oluştuğu belirlendi. Yüksek sıcaklıklarda termal olarak muamele görmüş odunun asetik asit ve terpen emülsiyonu seviyeleri modifiye olmamış odunla karşılaştırıldığında emülsiyon seviyelerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem

süresince odun yüzeyinde ekstraktiflerin tasınması planyayla giderilebilecek; hoş olmayan reçine lekelerinin oluşumuna sebebiyet verebilir (Aydemir 2007).

1.2.2. Fiziksel Özellikler

1.2.2.1. Yoğunluk

Yoğunluk, bir maddenin birim hacmindeki kitlesi olarak tanımlanmaktadır. Ağaç malzemede yoğunluk birçok özellik üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Hill (2006)'e göre odunun ısıtılma tabii tutulması onun su adsorpsiyonunu önemli derecede azaltır. Odun karbonhidratlarında serbest hidroksil gruplarının mevcudiyeti ve/veya erişilebilirliği su adsorpsiyon ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlem uygulaması sonucu serbest hidroksil gruplarına erişilirlikte azalma olması şüphe götürmeyecek kadar aşikardır. Bunun sebepleri ise; serbest hidroksil gruplarının toplam miktarında azalmaya neden olan karbonhidratların özellikle hemiselülozun depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolay erişemediği kristalimsi selülozun nispi oranındaki artma ve serbest hidroksil gruplarının suya erişebilirliğini engelleyen lignin ağının çapraz bağlanmasıdır. Odunun direnç özelliklerini bağlı su kuvvetlice etkilemektedir. Artan bağlı su miktarı hücre çeperinin organik polimerleri arasındaki hidrojen bağımlı azaltır veya engeller. Direnç kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağları ile ilgili olduğu için odunun direnç özellikleri bağlı su miktarının artması ile azalmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odun daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu ısıtılma direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır.

Isıl işlem uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısıtılma süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıtılma uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarıdır. Isıl işlem uygulamasından sonra daha düşük bir yoğunluk direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirse de bu yargı henüz prematüredir. Odunsu materyal ve ağırlık kayıpları ile ilgili olarak, odun ana bileşenlerinin bozunması iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılmasına neden olduğu için

direnç özelliklerini azaltır. Diğer taraftan daha düşük rutubet içeriği direnç üzerinde pozitif etkiye sahiptir ve kütle kayıplarının etkisini azaltır (Boonstra 2008).

1.2.2.2. Odunun Çalışması

Isıl işlemin en dikkat çekici etkilerinden birisi histerezin tipik sigmoid eğrileri korunurken higroskopisitenin azaltılmasıdır. Histerezin pozitif etkisi bağıl nemdeki düşük değişimin ısı işlem uygulanmış odunun rutubet içeriğinde derhal bir değişme yapmamasıdır. Bu özellik ısı işlem uygulanmış odunun boyutsal stabilitesine katkıda bulunur. Çünkü odun su adsorpsiyonu ve desorpsiyonu nedeniyle genişleme ve daralmaya uğramaktadır. Bundan başka su adsorpsiyonundaki azalma odunun tüm daralma ve genişlemesini azalttığından onun boyutsal stabilitesini arttırmaktadır. Genelde ısı işlem uygulanmış odun düşük daralma ve genişleme değerleri ile oldukça hidrofobiktir. Odunun higroskopisitesi sıcaklık ve süre gibi ısı işlem şartlarından etkilenmektedir. Özellikle ısı işlem sıcaklığı çok etkili bir parametre olmaktadır (Boonstra 2008).

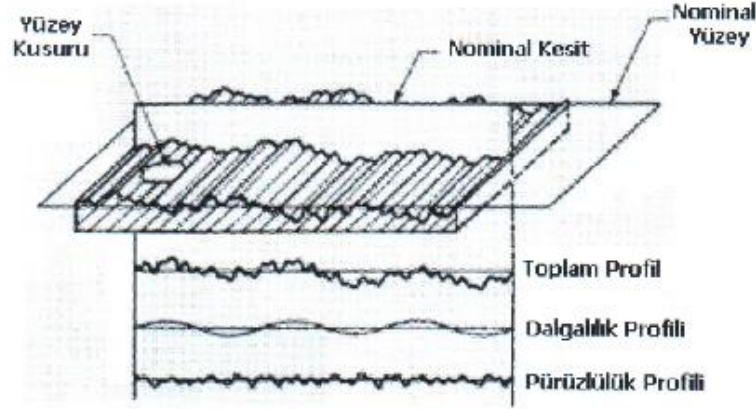
1.2.2.3. Isı İletkenliği

Bir cismin içindeki boşluk miktarı arttıkça ısı iletkenliği azalır. Odun ve diğer lignoselülozik materyaller poröz olmaları ve enerji transmisyonu için gerekli serbest elektronların noksanlığı dolayısı ile ısıyı az iletirler. Bu bakımdan odun iyi bir ısı yalıtkanıdır (Bozkurt ve Göker 1987, Örs ve Keskin 2001). Aytaşkın (2009)'a göre ahşap diğer malzemelere göre iç boşlukları fazla, özgül ısı ve ısı yalıtım özelliği yüksek, fakat buna karşılık ısı iletkenliği küçük olduğundan ısı yalıtım malzemesi olarak tercih edilmektedir. Gözenekli yapısı sebebiyle, ısı iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük kazanmaktadır. Isıl işlemde uygulama sıcaklığına bağlı olarak yoğunluk düşmekte olup yoğunluk azalmasının ağaç malzemeyi daha boşluklu yapıya dönüştüreceği açıktır. Bu nedenle ısı işlem görmüş ağaç malzemedeki ısı iletkenlik azalmaktadır (Gu and Hunt 2007, Şahin Kol 2009, Sefil 2010).

1.2.2.4. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan üretim yöntemleriyle veya diğer etkilerle ortaya çıkan, alımsız tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (TS 6956/1989).

Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) yüzey tesktürünü; üç boyutlu bir yüzey topografyası ortaya çıkaracak şekilde nominal yüzeyden, pürüzlülük, yüzey dalgalanmaları ve küçük çatlakları da içine alan tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar olarak tanımlamıştır. Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı Şekil 1.12’de verilmiştir (Çakıcıer 2007).



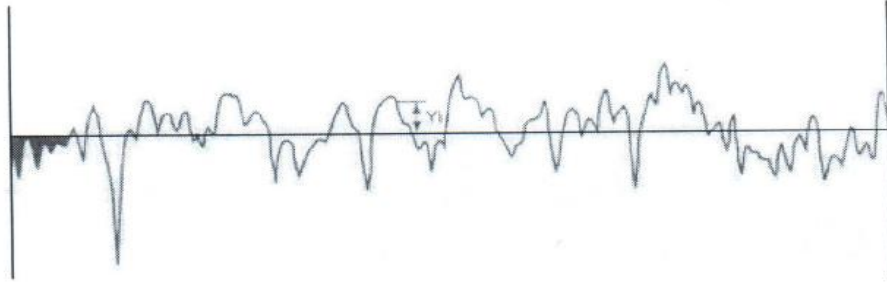
Şekil 1.12. Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı (Çakıcıer 2007).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan araçlar temel olarak iki kategoride toplanabilir;

- Dokunmalı aletler (igne taramalı, pnömatik, kapasitans ve akustik ölçüm yöntemleri)
- Dokunmasız aletler (Optik ve ultrasonik yöntemler).

Korkut 1999, yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreleri; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikler olarak ifade etmiş; odun yüzeylerinin pürüzlülüklerinin sayısal olarak ifade edilmesinde; genellikle Ra (Ortalama pürüzlülük değeri), Rmax (En büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmakta olduğunu bildirmiştir (Çakıcıer 2007).

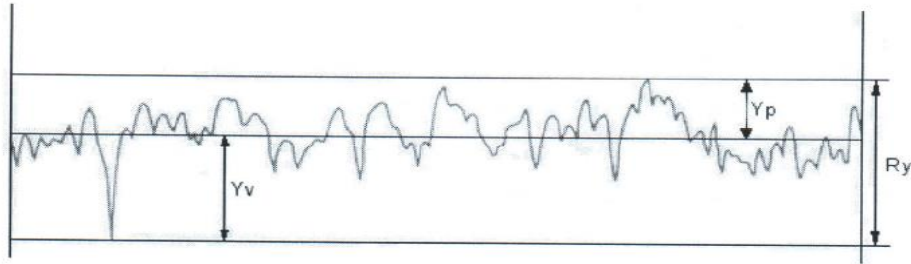
Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Yi) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (Mitutoyo SJ-301). Ra, pürüzlülük profili ile bu profilin ortalama çizgisi arasındaki alandır. Mitutoyo SJ-301 ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü grafiği Şekil 1.13’de görülmektedir.



Sekil 1.13. Ortalama pürüzlülük değeri (R_a) (Çakıcıer 2007).

Ortalama pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan parametredir. Bununla birlikte, R_a yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli olmadığı kanaatine varılan durumlarda diğer yüzey pürüzlülük parametreleri de incelenebilmektedir (Çakıcıer 2007).

En büyük pürüzlülük değeri (R_y), pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe (Y_p) ile en derin çukurun (Y_v) toplamını ifade etmektedir. Mitutoyo SJ-301 ile elde edilen en büyük yüzey pürüzlülüğü grafiği Şekil 1.14’de görülmektedir (Çakıcıer 2007).



Sekil 1.14. En büyük pürüzlülük değeri (R_y) (Çakıcıer 2007).

En büyük pürüzlülük değeri ölçüm sonrasında şu matematik formül ile hesaplanır.

$$R_y = Y_p + Y_v \quad (1.1)$$

Formüldeki;

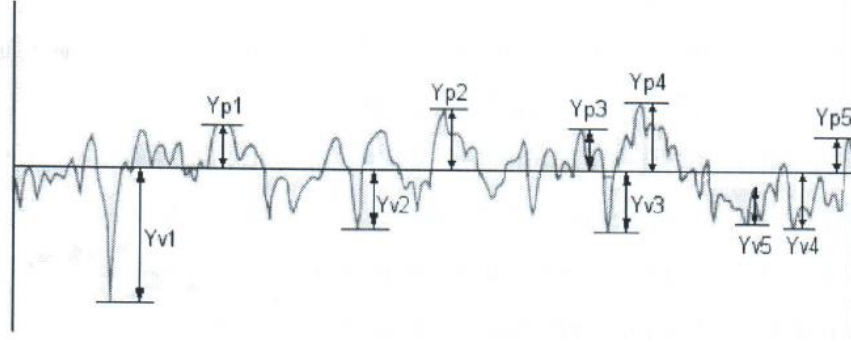
R_y :En büyük pürüzlülük değeri,

Y_p :En yüksek tepe,

Y_v :En derin çukur,

parametrelerini ifade etmektedir.

On nokta pürüzlülüğü ortalama (Rz), pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır. Şekil 1.15’de Mitutoyo SJ-301 ile elde edilen en büyük yüzey pürüzlülüğü grafiği görülmektedir (Çakıcıer 2007).



Şekil 1.15. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) (Çakıcıer 2007).

Isıl işlem ile ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünde azalmaktadır. Isıl işlem süresince ahşap yüzeyleri özellikle 160°C üzerindeki sıcaklıklarda ısının etkisi sonucu ligninin termoplastikleşme özelliği ile birlikte sıkılaştırmış (veya yoğunlaştırmış) olabilir (Korkut ve Budakçı 2010).

1.2.2.5. Renk

Johansson (2005)’a göre, renk estetik bir konudur. Isıl işlem uygulaması süresince odunda meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) renk değişim reaksiyonlarının sonucunda ahşabın rengi koyulaşır. Bu renk değişimi özellikle yapraklı ağaçlarda pozitif bir etki olarak görülür. Renk, ısıl işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısıl işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilir özellik katmasından dolayı yeni pazar potansiyeline sahip olma özelliği kazandırır. Renk, ayrıca termal bozunma sebebiyle kimyasal değişim, kütle ve direnç kayıpları gibi farklı özelliklerdeki değişimler neticesinde ısıl işlem uygulamasının kalitesini belirleme potansiyeline sahiptir (Nuopponen 2005).

Dış etkiler altında odunda rengin çok hızlı bir şekilde değişmekte, genellikle odundaki renk değişiklikleri odun ekstraktifleri ve ligninin kimyasal bozunmasından dolayı sarı ve kahverengi tonlarında meydana gelmektedir (Çakıcıer 2007).

1.2.2.6. Parlaklık

Parlaklık odunun ışığı yansıtma özelliğidir. Parlak veya mat görünüş, ışığı yansıtma özelliğine sahip olup, olmama ile değişmektedir. Parlaklık renk verme ve iyi cilalanma kabiliyetinden ayrı bir özelliktir. Bir çok ağaç türünde odun parlak değildir.

Parlaklık yüzeye gelen ışığın açısı ve yüzeydeki hücre tiplerine bağlı olarak değişir. Genellikle radyal yüzeyler öz ışını levhacıklarından dolayı teğet yüzeylere göre ışığı daha fazla yansıtırlar. Diğer taraftan öz odunundaki yabancı maddeler onu diri oduna göre daha parlak yapabilir (Bozkurt ve Erdin 1997).

Parlaklık derecesi, yüzeyin geometrik görünüşüne (pürüzlülük, trahe yapısı), bunların yansıma özelliklerine ve gözleyicinin subjektif görünüşüne bağlıdır. Parlaklık yalnız fiziksel değil bilakis psikolojik ve fizyolojik koşula bağlı olan bir büyüklüktür (Kurtoğlu 2000).

Isıl işlem, ağaç malzemedeki parlaklığının azalmasına sebep olur (Aksoy ve diğ. 2012).

1.2.2.7.Koku

Isıl işlem uygulaması süresince güçlü bir kokuya sahip oldukları bilinen birçok organik asit ve furfural gibi aldehitler vb. bozunma ürünleri hoş olmayan koku yaydıklarından ısıl işlem uygulaması bitimini müteakip kereste güçlü bir kokuya sahiptir. Bu kokunun yoğunluğunda birkaç hafta içerisinde dikkate değer bir azalma meydana gelir ve birkaç aydan sonra hissedilmez. Isıl işlem uygulanmış kerestenin makinede işlenmesi bu spesifik kokunun yeniden ortaya çıkmasına neden olur (Sundqvist 2004).

1.2.3. Mekanik Özellikler

Isıl işlem, 150-280°C'ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan şiddetli işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olur. Odunun mekanik özellikleri rutubet içeriği ile yakından ilgilidir. Hücre çeperinin polimerik ana bileşenleri arasındaki hidrojen bağının azalması ve bağlı su miktarının artmasının engellenmesi nedeniyle kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağları ile ilişkili olan odunun direnç özellikleri azalır. Isıl işlem uygulanmış odunun maksimum bağlı su miktarındaki azalma ve daha az higroskopik yapı kazanması nedeniyle, ısıl işlem odunun mekanik özelliklerine pozitif katkı yapmaktadır.

LeVan ve ark. (1990) lignin-hemiselüloz matriksi içerisinde hemiselülozun yan zincirlerinin kırılması neticesinde yük paylaşma kapasitesinin bozulduğunu ve bu sebeple direnç kayıplarından sorumlu tutulabileceğini ifade etmiştir. Diğer bir sebep ise hemiselülozun omurgasının bozulması nedeniyle hemiselülozun polimerizasyon derecesinin azalmasıdır (Korkut ve Kocaeffe 2009).

Mekanik özellikler üzerine ısı işlemin etkileri bağlamında ligninin direkt olarak etkili olup olmadığı açık değildir. Lignin selüloz mikrofibril/fibrillerinin rijidite çubuğu olarak hareket eder ve artan çapraz bağlanması liflere dik hareketleri sınırlar veya önler. Bundan başka lignin orta lamelin ana bileşenidir. Lignin polimer ağının artan çapraz bağlanması orta lamelin direncini artırır ve buda hücre çeperinin direnç özellikleri üzerine etki etmektedir. Buradan lignin polimer ağının odunun direnç özellikleri üzerine direkt olarak etki ettiği sonucuna varılabilir. Banoub ve Delmas (2003) lignin polimer ağının içindeki düzenli yapının odunun direnci üzerine yapıcı bir katkı sağladığını tespit etmişlerdir (Korkut ve Kocaeffe 2009).

Kusursuz odun örnekleri ile yapılan mekanik testler farklı ısı işlem metotları ve farklı ısı işlem şartlarının etkilerini karşılaştırmak bakımından faydalıdır. Ancak bu şekilde elde edilen sonuçlar konstrüktif elemanlar için kullanılamaz, en azından çeşitli güvenlik faktörleri dikkate alınmaksızın. Budak, reçine kesesi, lif kıvrıklığı ve reaksiyon odunu gibi mekanik özellikler üzerine etkili olan doğal kusurlar ısı işlem uygulamasından etkilenmektedir. Isıl işlem uygulamasında odun maksimum daralma ile ilgili olarak çok düşük nem içeriğine (0-1%) kadar kurutulur. Bu özellikle reaksiyon ve genç odunun bulunması durumunda deformasyonlara neden olmaktadır. Budağın daralması odundan farklı olduğundan budak etrafına yerleşmiş odun lifleri arasında iç gerilmeler oluşmaktadır. Bu odunun makro yapısını ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Doğal kusurları içeren ısı işlem uygulanmış odun daha büyük ve ani kırılmalar gösterirken ısı işlem uygulanmamış odun daha kademeli bir gerilim azalması gösterir. Isıl işlem uygulanmış odun dış kuvvetlere karşı ısı işlem uygulanmamış oduna nazaran daha az karşı koymaya sahiptir. Özellikle odunu daha kırılğan yapan amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya karbonhidratların bozunması gibi odun ana bileşenlerindeki değişimler bu olayın sebeplerinden olmasına rağmen, kırılan liflere dik hücre çeperleri bu olayın sebebi olarak görünür. Isıl işlem görmüş odunun kırılmasına kadar olan yer değişiminin daha düşük olması daha sert ve kırılğan olmasını doğrulamaktadır. İnşaatlık

kerestenin eğilme direncinin aksine elastikiyet modülü ısıtma işlem uygulamasından sonra hala artmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009).

Genç odunun kimyasal bileşimi yüksek hemiselüloz ve lignin içermesi sebebiyle olgun odununkinden farklıdır. Ayrıca hemiselülözün bileşimi özden dışarıya doğru ilk 20 yıllık halkada galaktoz, ksiloz ve arabinoz içeriği azalırken mannoz içeriğinin artması nedeniyle değişmektedir. Daha yüksek hemiselüloz içeriği ve/veya hemiselülözün farklı kompozisyonu ısıtma işlem süresince kimyasal reaksiyon mekanizmasını etkiler ve sonrasında direnç özellikleri yukarıda ifade edildiği gibi etkilenir. Genç odun ile olgun odun arasında anatomik ve ultra-strüktürel karakteristiğindeki farklılıklar ısıtma işlem uygulamasından sonra direnç özelliklerinde farklılaşmaya sebep olmaktadır. Genç odundaki daha büyük mikrofibril açısı daha fazla boyuna daralma ve daha az enine daralmaya sebebiyet verdiğinden, ısıtma işlem uygulaması sırasında odun tamamen kurutulduğunda odunda direnç özelliklerini etkileyen iç gerilmeler meydana gelmektedir (Hill 2006).

Isıtma işlem uygulamasından sonra liflere paralel basınç direnci ve sertlik değeri artmasına rağmen makaslama direnci azalır, liflere paralel çekme direnci ise daha büyük bir azalma gösterir. Çekme, basınç ve makaslama gerilmelerinin kombinasyonu ile oluşan eğilme direnci liflere paralel çekme direnci kadar olmasa da azalmaktadır. Şok direnci daha büyük bir azalma gösterir. Eğilme testi süresince elastikiyet modülünde artma gerçekleşmektedir. Isıtma işlem uygulanmış odunun mekanik özellikleri üzerine ligninin polikondenzasyon reaksiyonları, amorf selülözün kristalleşmesi ve/veya bozunması ve hemiselülözün modifikasyonu ve bozunması etkili olmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009)..

1.2.3.1. Basınç Direnci

Isıtma işlem sonrasında basınç direnci radyal yönde azalma ve teğet yönde az miktarda artma gösterirken boyuna yönde açık bir biçimde artmaktadır. Isıtma işlem uygulaması sonucu amorf selülözün bozunması ve/veya kristalleşmesi sebebiyle yüksek derecede düzenli kristalimsi selülöz miktarı artmaktadır. Kristalimsi selülöz anizotropik yapı sergilediği için katı ve rijit yapısı boyuna yönde basınç direncinin artmasını sağlar. Lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artış ve ısıtma işlem uygulaması sonucu bağlı su miktarındaki azalma da boyuna yöndeki basınç direncinin artmasına neden

lmaktadır. Lignin, mikrofibril ve/veya fibrillerinin rijidite çubuğu olarak hareket eder ve polimerin çapraz bağındaki artma liflere paralel basınç yüklemesi boyunca meydana gelen liflere dik hareketleri önler veya sınırlar.

Kristalimsi selüloz önemli anizotropik yapı sergilediği için katı ve rijit yapısı boyunca basınç direncini artırır. Bu anizotropik yapı nedeniyle basınç direnci radyal ve teğet yönlerde düşüktür. Isıl işlem uygulamasından sonra radyal basınç direncinin azalmasına ufak radyal çatlaklar da sebep olabilir. Radyal basınç direncinin azalmasında, ısıl işlem uygulaması süresince reçine kanalları etrafındaki epitelyum hücrelerinin ve özışınlarındaki paranzim hücrelerinin zarar görmesi de etkili olmaktadır.

Lignin orta lamelin ana bileşenidir ve lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artma orta lamelin direncini artırır ve bu da hücre çerperinin direnç özelliklerini etkiler. Buradan lignin polimer ağının odun direnci üzerine etkisi olduğu yargısına varılabilir. Ancak ısıl işlem uygulaması sonrası en azından teğet yönde basınç direnci değişmediği için bu değişimlerin etkileri daha çok sınırlı olmaktadır. Liflere dik basınç direnci liflere paralel basınç direncinden çok daha düşüktür. Liflere dik yönde zayıf ve rijit olmayan ikincil bağlar ve lif boyunca kuvvetli ve rijit bağlar gibi farklı tipte bağların bulunması, kristalimsi selülozun mikrofibril açısı ve/veya lignin polimer ağının oldukça düzenli yapısı gibi odunda polimer moleküllerinin yönelimleri bu anizotropik yapının ana sebebi olarak düşünülebilir. Basınç direnci üzerine selüloz mikrofibril ve/veya fibrillerinin etkilerini, selülozun anizotropik karakteri nedeniyle radyal ve teğet yönler ile boyuna yön ile karşılaştırma yapmak sınırlıdır. Isıl işlem uygulamasından sonra lignin hemiselüloz matriksi içindeki değişmeler liflere dik yönde basınç direnci üzerine daha göze çarpan etkiye sahiptir. Lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesini azaltan hemiselüloz bozunması basınç direnci üzerine negatif etkiye sahiptir. Isıl işlem uygulaması sonucu radyal yöndeki basınç direncindeki azalma ufak radyal çatlaklardan kaynaklanabilir (Boonstra 2008).

1.2.3.2 Eğilme Direnci

Eğilme testinde örnekler kırılma meydana gelinceye kadar birkaç dakika boyunca artan bir kuvvet ile yüklenir. Eğilme süresince örneğin üst yüzeyinde basınç gerilmeleri, alt yüzeyinde çekme gerilmeleri ve orta bölgesinde makaslama gerilmelerinin kombinasyonu olan iç gerilmeler meydana gelir. Isıl işlem uygulamasından sonra çekme

direncinde azalma ve makaslama direncinde daha fazla azalma olmasına rağmen eğilme direncinde önemsiz bir azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle eğilme direnci üzerine bireysel primer gerilme tipinin etkisi sınırlıdır.

Eğilme direncindeki ilk kayıplardan ısı işlem süresince lignin ve selülozun bozunması veya depolimerizasyonu değil hemiselülozun modifikasyonu ve/veya bozunması öncelikli olarak sorumlu tutulmaktadır. Eğilme direncindeki azalma ile hemiselüloz bozunması arasında ilişki vardır. Hemiselüloz içeriği ve yapısındaki değişimler hemiselülozun thermo-kimyasal olarak odunun en hassas bileşeni olması nedeniyle eğilme direncindeki ilk kayıplarından öncelikli olarak sorumludur. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direncindeki azalma artmaktadır. Bunu uygulanan yüksek ısı işlem sıcaklığı ve uzun ısı işlem süresi neticesinde hemiselülozdaki bozunma miktarının artması doğrulamaktadır. LeVan ve ark., (1990) yük paylaşım kapasitesinin bozulmasına sebep olan lignin hemiselüloz matriksi içerisindeki hemiselüloz yan zincirlerinin kırılmasını direnç kayıplarından sorumlu tutmuşlardır. Başlangıçta gözlemlenen direnç kayıplarının diğer bir sebebi olarak, hemiselülozun bozulması anlamına gelen hemiselülozun polimerizasyon derecesindeki azalma gösterilmektedir. Bu durumda hemiselüloz önceden varsayılandan daha fazla odun liflerinin direncine direkt olarak katkı sağlamaktadır. Kısa polimerizasyon derecesi ve amorf selüloz mikrofibrilleri etrafına yerleşmiş bir polimerin odun liflerinin direnci üzerine katkı bulunacağı daha çok hipotetiktir. Selüloz ve lignin direnç kayıpları %30-40'a ulaşıncaya kadar bu polimerlerin ne depolimerizasyonu ne de bozunma ürünleri gözlemlenmediği için etkili değildir. Ancak selüloz ve/veya ligninin moleküler yapısının yeniden düzenlenme olasılığı ve bunun direnç özellikleri üzerine etkileri dikkate alınmamıştır (örneğin selülozun kristalleşme ve/veya yeniden yönlendirilmesi ve ligninin polikondenzasyon reaksiyonları). Bunun yanında eğilme direnci odunun çekme, basınç ve makaslama gibi primer iç gerilmelerinin kombinasyonudur. Hemiselüloz bozunduğu zaman bu primer gerilmelerin nasıl bir etki yaptığı daha tanımlanmamıştır. Bu nedenle eğilme direncini neyin etkilediği kesin olarak açıklanamamıştır. Çeşitli sıcaklık-nem şartlarında daha titiz mekanik testlere ve daha detaylı kimyasal analizlere ihtiyaç bulunmaktadır (Boonstra 2008).

Isıl işlem uygulanmış örneğin eğilme testi süresince ani kırılması dikkate değerdir. Isıl işlem uygulanmamış örnekte ise kademeli kırılma söz konusudur. Isıl işlem uygulanmış

örneklerde toplam tüketilen enerji ısıtma işlemi uygulanmamış örneklerle göre daha düşüktür. Isıtma işlemi uygulanmış odun kırıldıktan sonra dış kuvvetlere ısıtma işlemi uygulanmamış oduna göre daha az karşı koyabilir. Liflere dik yönde kırılan hücre çeperleri, özellikle odunu daha kırılabilir yapan amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya karbonhidratların bozunması gibi odun ana bileşenlerindeki değişimler bu olayın sebeplerinden olmasına rağmen bu olgunun ana sebebidir (Hill 2006).

1.2.3.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Odunun elastik özellikleri üzerine ısıtma işlemi uygulamasının etkileri eğilme testi süresince elastikiyet modülündeki artmaya rağmen oldukça sınırlıdır. Hemiselülozun bozunması, lignin hemiselüloz matrisinin yük paylaşım kapasitesinin bozulması ve kristalimsi selüloz molekülündeki nispi artma elastikiyet modülünün artmasına katkıda bulunur. Ayrıca lignin bağının çapraz bağlanmasındaki artma orta lamelin direnç karakteristiklerini ve selüloz mikrofibril/fibrilleri etrafındaki rijit yapıyı iyileştirdiği için elastikiyet modülünü büyük olasılıkla etkilemektedir.

Elastikiyet modülündeki az miktarda fakat dikkate değer artma, muhtemelen lignin hemiselüloz matrisinin yük paylaşım kapasitesindeki bozulma ve hemiselülozun modifikasyonu ve/veya bozunmasına rağmen kristalimsi selülozun nispi miktarındaki artma sebebiyle olmaktadır. Bundan başka ısıtma işlemi uygulanmış odun ısıtma işlemi uygulanmamış oduna nazaran hücre çeperinde daha az bağlı su içermesi sonucu daha az higroskopik olması ve bu durumun odunu daha az esnek yapmasından dolayı elastikiyet modülünü etkilemektedir (Kocaefe ve diğ. 2008).

Isıtma işlemi uygulanan odunun direnç özelliklerini etkileyen diğer bir olgu odunun termo-plastik davranışdır. Belli sıcaklıkların üzerinde hemiselülozun (127-235°C), ligninin (167-217°C) ve selülozun (231-253°C) fiziksel karakteristikleri plastik safhaya geçer. Odunun termal yumuşaması, buharlamanın suyun bir plastikleştirici olarak hareket etmesi ile yumuşama noktasının (180°C) azalmasına rağmen 200°C'nin üzerinde bir bütün olarak meydana gelir. Lignin ve hemiselülozun termal davranışı selüloz ile moleküllerarası ikincil bağlar sebebiyle etkileşimler tarafından sınırlandırıldığı görülür. Isıtma işlemi süresince hemiselülozun bozunması ikincil bağları etkilediğinden lignin ve hemiselülozun kalıcı plastikleşmesine yol açar. Soğutma safhasında ise bu bileşenler tekrar rijit olur ve moleküler polimer yapı değişebilir. Bu durum direnç

özelliklerini etkileyen odunun ana bileşenleri arasındaki etkileşimi etkilemektedir (Boonstra 2008).

Elastikiyet modülü yapı için çok kritik bir parametredir ve yüksek rijitlik belirli bir yük için daha düşük bir sapma ile sonuçlanır. Isıl işlem elastikiyet modülü bağlamında yapı uygulamaları için düşük bir potansiyel olarak görülmemektedir. Ancak konstrüksiyonda oluşan gerilemeler ve ısıl işlem uygulanmış kereste kullanılacağı zaman farklı direnç özellikleri üzerine ısıl işlemin etkileri orantılı olmadığı için bazı pratik sonuçlar dikkatlice düşünülmelidir. Isıl işlem uygulanmış kereste bu nedenle konstrüksiyon üzerine uygulanan gerilmelere farklı tepkiler verebilir. Isıl işlem uygulaması konstrüksiyon için materyali kısıtlayabilir veya onaylayabilir (Boonstra 2008).

1.2.3.4. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Şok direnci testlerinde örnekler daha büyük bir kuvvet ile çok kısa bir periyot sürecince yüklemeye tabi tutulur. Isıl işlem uygulanmış örneklerde şok direnci özellikle eğilme direncindeki azalma ile karşılaştırıldığında daha fazla azalmaktadır. Davis ve Thompson (1964) hemiselüloz bozunmasını şok direncinin azalmasında ana sorumlu olarak göstermişlerdir. Selüloz ve hemiselüloz arasındaki etkileşim ikincil bağlara dayandırıldığı için şok direncini ikincil bağlar belirlemektedir. Bununla birlikte şok direncinde daha fazla azalma, ısıl işlem süresince kovalent bağlarındaki (Hemiselüloz ve lignin arasındaki kovalent bağların kırılması aynı zamanda selüloz mikrofibril/fibrilleri içindeki kovalent bağların kırılması (depolimerizasyon)) kırılmalara dayandırılmaktadır. Amorf selülozun kristalleşme ve/veya bozunması sebebiyle kristalimsi selüloz miktarındaki artma şok direnci üzerine negatif bir etkiye sahiptir (Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.3.5. Çekme Direnci

Çekme direnci için öncelikli olarak selüloz sorumlu tutulmaktadır. Odunda çekme gerilmeleri meydana geldiği zaman selüloz mikrofibril ve/veya lifleri arasında kovalent bağlarının kırılması neticesinde kayma ve çekme meydana gelir. Selüloz polimerinin depolimerizasyonu ve polimerizasyon derecesinin azalması çekme direnci kayıplarının ana sebebidir. Isıl işlem uygulaması sonucu selüloz polimerinin depolimerizasyonuna sebep olan amorf selülozun az miktarda fakat dikkate değer bozunması gerçekleşmektedir. Bu durum ısıl işlem uygulanmış odunun çekme direncinin

azalmasında önemli bir sebeptir. Ancak, Stamm (1964) göre iç gerilmeler selüloz mikrofibril/fibrilleri arasında dağıtılmıştır. Bunun yanında selüloz polimer uzunluğunun direnç üzerine etkisi, çekme direncinin polimerizasyon derecesi 300'ün üzerinde değişmemesi sebebiyle sınırlıdır. Amorf selülozun kristalleşmesinin çekme direncindeki azalmadan sorumlu olup olmadığı tam açık değildir. Kristalimsi selüloz yüksek derecede düzenli ve rijit yapısı ile amorf selüloza göre daha kolay kırılabilir ve esnek bir yapı sergiler. Bu sebeple kristalimsi selüloz miktarının artması çekme direnci üzerine negatif bir etki yapmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulaması sonucu hemiselülozun bozunması da çekme direncinin azalmasında ayrıca etkilidir. Hemiselüloz bozunmasının ana etkileri; hemiselülozik polimeri içindeki hidrojen ve Van der Waals bağları gibi ikincil bağların kopması, hemiselüloz ve selüloz arasındaki ikincil bağların kopması ve hemiselüloz ve lignin arasındaki kovalent bağların kopması şeklinde olmaktadır. Bu etkiler selüloz mikrofibril ve/veya fibrillerini örten lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşım kapasitesini bozmaktadır. Selüloz mikrofibril ve/veya fibrilli bitişiğindeki mikrofibril ve/veya fibril ile ya hiç yada çok az kuvvet paylaşımı yapar (Poncsak ve diğ. 2006).

Isıl işlem süresince ligninde değişimin çekme direncini azaltması beklenmemektedir. Winandy ve Rowell (1984)'a göre lignin ağ direnci iç gerilmelere karşı yeterince karşı koyabildiği için önemli olan karbonhidrat çatısıdır ve buda kırılma sebebidir. Bundan başka lignin ağının çapraz bağlanması bu polimerin direncini arttırmaktadır. Ayrıca hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin odunun direncine farklı düzeylerde katkıda bulunmaktadır. Selüloz yüksek polimerizasyon derecesine sahip (selüloz zincirindeki anhidrid glukoz birimlerinin sayısı 5000-10000) olması ve kristalimsi (mikrofibril içersindeki selüloz uzun zincir moleküllerinin birbirine paralel uzandıkları kısım) yapısı nedeniyle odun lif direncinden öncelikli sorumlu tutulmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.3.6. Makaslama Direnci

Stamm (1964) ısıl işlem uygulaması sonucu makaslama direncindeki azalmayı orta lamelin %20'sini oluşturan polyozların furfural polimerlerine kısmı olarak dönüşmesine bağlamıştır. Öyleki hemiselülozun bozunması selüloz mikrofibril ve/veya fibrilleri arasında yük paylaşım kapasitesini azalttığı için makaslama direnci üzerine negatif

etkiye sahiptir. Diğer taraftan lignin polimer ağı içerisindeki artan çapraz bağlanma, özellikle lignin orta lamelin ana bileşeni olması ve bunun da makaslama direnci üzerinde büyük bir etkiye sahip olması nedeniyle makaslama direnci üzerine pozitif bir etkiye sahiptir. Makroyapı düzeyinde ısıtma işlemi makaslama direnci üzerinde etki etmektedir. İğne yapraklı ağaç türleri dar yıllık halkalara sahip olmaları ve/veya ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olması ile yaz odununda teğet çatlaklara karşı hassastır. Radyal çatlaklar geçirimsiz odun yapısına sahip ağaç türlerinde görülür. Kusurlar, oduna uygulanan dış kuvvetler iç makaslama gerilmelerine sebep olduğu zaman daha hızlı ve/veya artan bir kırılmaya yol açar (Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.3.7. Çivilenme ve Vidalanma Özelliği

Isıtma işlemi uygulanmış malzemenin sabitlemesinde üzerinde çivilenme derinliğini gösteren basınçlı hava sabitleme tabancasının kullanılması tavsiye edilmektedir. Normal çekiç kullanılması durumunda çekiç ile ağaç malzeme temas ederse ağaç malzemenin yarıma riski arttığından çivinin son 2-3 mm'lik kısmı çivi matkabı ile ağaç malzeme içerisine nüfus ettirilir. Ayrıca çivi çakılmadan önce sivri ucunun keskinliği köreltilmelidir. Çividen kaynaklanan renk bozulma riskini azaltmak için paslanmaz çelik çivilerin kullanılması en iyisidir. Basınçlı hava sabitleme tabancasının kullanılması durumunda galvanizli çiviler kullanılabilir. Plakaj örtü boyası ile muamele edilmişse galvanizli çivi yarıma etkisi yapar. Yarıma riskini azaltmak için küçük oval başlı çiviler en uygundur.

Yapraklı ağaç, MDF ve diğer gevrek materyaller ile vidalama işleminde kenarlara bitişik ön delme ve kılavuz delmesi gereklidir. Başları gömülmüş paslanmaz çelik vidaları rutubetli ortamlarda ve dış kullanımlarda çok uygundur. En iyi tutma direnci daha az dişli vidalar ile yapılan vidalama ile sağlanır. Yarı kademeli vidalar ön delme işlemi uygulamaksızın kullanılabilir (Boonstra 2008).

1.2.4. Teknolojik Özellikler

1.2.4.1. Sertlik

Odunun sertliği ısıtma işlemi ile düşmektedir. Hemiselülozlarının bozunması ile birlikte kristalitlerin kalınlığının ve selüloz kristalleşme derecesinin artması ile odunun direnci ve sertliği azalmaktadır. Sertlik kaybı işlemin entansitesine bağlıdır. İşlem ne kadar

entansif olursa sertlik kaybı o kadar fazla olmaktadır. Hafif (yumuşak) işlem uygulanması halinde aynı zamanda vuku bulan denge rutubetindeki küçülme nedeniyle sertlik kaybı pek azdır (önemsizdir). Kısmen eksilen odun rutubeti nedeniyle sertlikte hafif bir yükselme bile meydana gelmektedir (Sefil 2010, Niemz ve diğ. 2010).

1.2.5. Yaşlanma

Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri doğal olarak güneş ışığı, yağmur ve rüzgar etkisi nedeniyle hava etkilerine (yaşlanma) uğramaya meyillidir. Bu durum kerestenin dayanıklılığını etkilemez fakat odun yüzeyleri belli bir süreden sonra grileşir. Bu renk değişimi ısı işlem uygulanmış kerestede yaşlanma öncesi koyu kahverenginde olduğu için ısı işlem uygulanmamış keresteye göre çok daha aşikârdır. Isıl işlem uygulanmış paneller direkt olarak gün ışığına (ultraviyole radyasyonuna) maruz kalırsa yüzeylerde ufak çatlaklar oluşur. Isıl işlem uygulanmış panellere pigment içeren yüzey işlemlerinin uygulanması yüzey çatlaklarını gidermek bakımından iyidir. Isıl işlem uygulanmış materyal doğal hava şartlarına maruz kaldığında yağmurla taşınan kirler veya havadaki mantarlar nedeniyle malzeme yüzeyinde küflenme görülmektedir. Pigmentsiz veya düşük organik uçucu bileşikleri içeren boya ve yağlar ısı işlem uygulanmış malzemeyi dış hava şartlarına karşı korumaz. Bu kaplamalar zamanla aşınır. Paneller düşük organik uçucu bileşikleri içeren boya ile kaplanırsa şiddetli çatlama eğilimi gösterir. Isıl işlem uygulanmış malzeme çatlama, solma ve yüzey çalışmasını önlemek için mantar ve dış hava etkilerine karşı kaplanmalıdır. Kullanıcılar ahşabın koyu renk ve tekstürünün görülebilmesi için saydam veya yarısaydam kaplamaları tercih ederler. Maalesef bu kaplamalar opak kaplamalara göre daha düşük performansa sahiptir. Kaplı malzemede küflenme ve mavi renklenme meydana gelmemektedir. Dış kaplama ve doğrama uygulamalarında iyi bir kaplamanın seçilmesi ve uygun ısı işlem metodunun kullanılması yüksek performans elde edilmesini sağlar (Korkut ve Kocaefe 2009; Viitaniemi ve diğ. 2002).

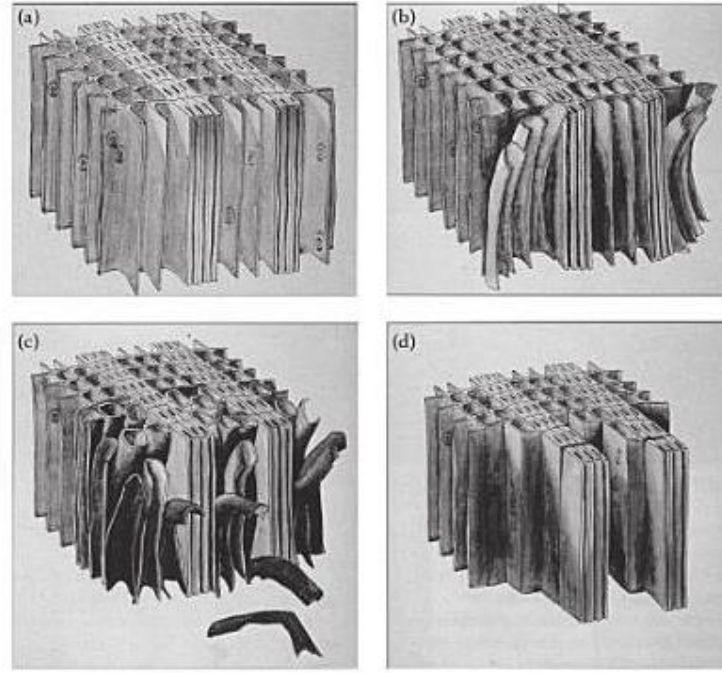
1.3. AĞAÇ MALZEMEDE YAŞLANDIRMA

1.3.1. Ağaç Malzeme Yaşlandırma Testleri

Özellikle bina dışı kullanımlarda olmak üzere güneş ışığı, ısı ve nem, ağaç malzemedan yapılmış mobilya ve yapı elemanlarında her yıl oldukça büyük miktarlarda zararlara

sebebiyet vermektedir. Bu zararlar ağaç malzemenin güneş ışığı, ısı ve rutubete bağlı olarak çatlama, solma ve puslanma şeklinde olabilmektedir (Anonim 2012).

Mc Donald ve diğ.(1996)'e göre ağaç malzemede UV ve rutubet etkisi sonucu meydana gelen deformasyon Şekil 1.16'de verilmiştir.



Şekil 1.16. Ağaç malzeme yüzeyinde UV radyasyon ve rutubet etkisi ile meydana gelen bozunmanın şematik diyagramı (a: normal odun; b: yaşlandırmanın başlangıcında liflerin gevşemesi; c: lif kaybı; d: düşük yoğunluklu ilkbahar odununda oluklu görünüm) (Mc Donald ve diğ., 1996).

Ağaç malzeme yaşlandırma testleri, doğal veya yapay yaşlandırma ortamları oluşturarak ağaç malzemede kullanım yerlerinde ortaya çıkabilecek deformasyonların seviyesini tespit etmek ve malzemenin başlangıçta sahip olduğu özellikleri daha uzun süre muhafaza edebilmesine yönelik çalışmalara destek sağlamak amacı ile uygulanmaktadır.

Çakıcıer (2007) yaşlandırmanın ağaç malzeme üzerine etkisini belirlemek üzere çeşitli yöntemler kullanılmakta olduğunu, bu yöntemlerin doğal dış ortam yaşlandırma testleri, hızlandırılmış dış ortam yaşlandırma testleri ve hızlandırılmış laboratuvar yaşlandırma testleri olmak üzere üç gruba ayrıldığını belirtmektedir.

Doğal dış ortam yaşlandırma testleri özel olarak hazırlanmış olan yerlerde yapılmakta olup dış faktörlerin etki derecesi doğal olarak belirlenmektedir. Kullanım yerlerindeki

sıcaklık farkları, çiğ, kar, hava kirliliği, endüstri bacaları ve egzoz gazları ile oluşan asit yağmurları, rutubet, güneş ışığı (UV) vb. gibi faktörler ağaç malzemenin görünüşünü ve dayanıklılığını etkilemektedir. Yaşlandırma uygulamalarında mümkün olduğunca gerçeğine yakın test ortamı oluşturulmaya çalışılmakla birlikte ağaç malzemenin kullanım yerlerinde etkileşimde bulunduğu faktörlerin çeşitliliğinin elde edilecek sonuçların tam tamına gerçeği ile örtüşmesine engel teşkil edebileceği hususu mutlaka göz önünde tutulması gerekmektedir (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Uzun yaşlandırma süresi ile kullanım yerlerindeki sıcaklık, nem, yağış ve UV gibi faktörlerin farklılığı doğal yaşlandırmanın olumsuz yönleri olarak dikkati çekmektedir. Bu nedenle ağaç malzeme üzerinde etki eden faktörlerin etki derecesi ve şeklinin test cihazları ile belli standartlar dâhilinde uygulanması güvenilir sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Hızlandırılmış doğal yaşlandırma testleri ile yapay yaşlandırma testleri ağaç malzemedeki yaşlandırma etkisinin daha kısa sürede belirlenebilmesi için uygulanmaktadır.

1.3.2. Hızlandırılmış laboratuvar yaşlandırma testleri

Laboratuvar yaşlandırma testlerinde güneş ışığı, sıcaklık farklılıkları, nem yoğunluğu ve yağmur etkisine benzer faktörler test cihazları ile ağaç malzeme üzerine etki ettirilir. Morötesi (UV), görünür ve kızılötesi (infrared) bölgeleri güneş ışınlarının zarar veren bölümü UV bölgesinde 295 nm'ye kadar olan kısa dalga boylarıdır. Atmosferin çözücü özelliği nedeniyle sadece %5-7'ye kadar UV ışını yeryüzüne ulaşır (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

UV üçe ayrılır; UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) ve UV-C (200-280 nm)'dir. UV-C en çok zarar veren dalga boyu olmasına rağmen atmosfer tarafından emilir. Yeryüzüne ulaşan UV ışınlarından UV-B, UV-A'dan daha fazla zarar verici etkiye sahiptir (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

UV Testi, UV ışınları yayan lambalarla, yüzeyde yoğunlaşan nemin etkilerinin ardışık periyodlarla uygulandığı test kabinlerinde yapılır. Kullanılan ve UV ışını yayan floresan lambaların içerdikleri dalga boyları güneş ışığına göre daha yüksek enerji içerir.

Dolayısıyla testin, doğal dış ortamda hiçbir zaman gündeme gelmeyecek tahribatlara yol açması söz konusu olabilmektedir (Çakıcıer 2007).

UV-A bölgesinde daha uzun dalga boyları olup, 71-91 kcal/mol'lük enerji karbon-nitrojen bağlarını kırarak güçte değildir. UV-B bölgesinde daha kısa dalga boylu enerji olan 91-102 kcal/mol en yüksek bozunmaya sebep olur. UV-B bölgesindeki enerji seviyesi polimer kaplamalarda karbon-nitrojen, karbon-karbon, nitrojen-hidrojen, karbon-oksijen, karbon-hidrojen bağlarını kırarak düzeydedir. (Çakıcıer 2007).

UV ışınları ile yaşlandırma oldukça düşük başlangıç yatırım giderlerine sahip olup, sadece periyodik olarak değişmesi gereken floresan lambaları nedeniyle bakım harcamaları oldukça düşüktür (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Borosilikat dahili ve harici filtrelerin kullanılması durumunda; ışınım spektrumu gibi doğal ışık kaynağını andırır. Veriler göstermiştir ki; xenon-ark lambasının kullanıldığı yaşlandırmadaki bozunum, UV-Florasana yaşlandırmadan daha yüksek aşınma göstermiştir (Çakıcıer 2007, Suits ve Hsuan 2003).

Deneysel çalışmalarda kullanılan örneklerin sıcaklıkları yükseltildiğinde; sıcaklık, oluşacak her çeşit kimyasal işlemi aynı derecede etkilemez. Aktivasyon enerjisi polimerlerin termal tahribatının ilk aşamasıdır. Sıcaklık yükseldiğinde termal tahribat boyunca oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları aynı paralelde devam eder. Eğer aldıkları enerjiyle molekül bağları koparsa dönüşümsüz şekilde değiştirilirler. Örneğin, oksijen molekülünden bir parça kopartır ve onu karbondioksit, su ve formaldehit gibi gaz haline dönüştürebilirse, dağılan orijinal moleküller kendilerini tekrar tamamlayamazlar (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Sıcaklık özellikle ortamda rutubet olması halinde daha etkilidir. Saf sıcaklık etkisiyle oluşan tahribata termoliz, termolitik ya da pirolitik tahribat denir. Bu reaksiyon şartlarında oksijen işlem dışı tutulmuştur. Aslında termal tahribattan söz ederken bu tür reaksiyonlardan daha çok, termal-oksidatif tahribat akla gelir. Bu tür reaksiyonlar ise oksijenin katıldığı ya da bulunduğu termal destekli reaksiyonlardır. Aslında yüksek sıcaklıklarda birbirleriyle bağ kurarak sertleşmeye başlayan polimerlerde bile sıcaklık 32 °C'de sabit tutulursa önemli bir bağ kopması gözlenir (Çakıcıer 2007).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Doktora çalışmasında Batı Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişen Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench ağacı tercih edilmiştir.

2.1.1. Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) Literatür Bilgisi

Ülkemizde özellikle Kuzey Anadolu'da karışık yapraklı ormanlarda, örneğin Demirköy, Belgrad ormanı, Düzce-Akçakoca, Boyabat-Sinop dolaylarında meşe-kayın ormanlarında, Artvin'in yüksek kesimlerinde (1600 m.), Kütahya-İnönü arasında 900 m. yükseklikte doğal olarak bulunur. Geniş ekolojik ıskalalara sahip yabani kiraz (*Cerasus avium* L.) Avrupa, Kuzey Afrika, Batı Asya ve dolayısıyla da ülkemizde doğal olarak bulunan ve hızlı büyüyen yapraklı bir orman ağacı türüdür. Bu tür genelde Karadeniz Bölgesi'nin 'Castanetum' ve 'Sıcak Fagetum' zonlarında, orman kenarlarında ve nadiren de sık karışık ormanlarda fertler, küçük gruplar veya sıralar halinde bulunmaktadır. Düşük rakımlı sahaları tercih eden bu türün fertleri İngiltere'de nadiren 300-m'nin üzerine çıkar. Yabani kiraz ülkemizde nemli ve yarı nemli alanlarda yetişen, odunu çok değerli bir orman ağacı olup 1700 m'li yükseltilere kadar çıkabilmektedir (Eşen ve diğ. 2005).

Yabani kiraz diğer yapraklı türlere nazaran kısa ömürlü bir ağaç türüdür (70-80 yıl). Bu tür 60 yıl gibi bir süre içinde gövde çürümesine ya da rüzgar devirmesine hassas hale gelebilir. Bu nedenle yuvarlak odun üretimin söz konusu olduğu hallerde idare süresi dikkatli tespit edilmelidir. Yabani kirazın yıllık odun üretimi diğer yapraklı orman ağaçlarına kıyasla oldukça yüksek olup 6-10 m³ ha⁻¹ arasında değişmektedir. Kaliteli gövde üretimine yönelik aralamalar kuvvetli ve devamlı (5-6 yılda bir) olmalı, kalan ağaçların tepeleri geniş bir mekan ve rekabetten uzak bir ortam verilmelidir. Bu şekildeki dinamik ve yoğun bir silvikültür programı çerçevesinde en fazla 60-70 yıl içerisinde en az 50-60 cm çapında düzgün, dolgun, budaksız ve kaliteli ağaçlar üretilir.

Avrupa’da, kalitesi yüksek kereste üretimi için verimi düşük tarım alanlarında 50-70 yıllık bir idare süreli yabancı kiraz ağaçlandırma sahalarının kurulması teşvik edilmektedir. Ekolojik ve ekonomik öneminden dolayı bu tür Avrupa Orman Genetik Kaynakları (EUFORGEN)’in ‘Değerli Yapraklılar (Noble Hardwoods)’ listesine alınmıştır. Bu nedenle, Avrupa’nın birçok ülkesinde yabancı kiraz konusunda araştırmalar yapılmaktadır (Eşen ve diğ. 2005, Enjily ve Jones 2006). Ülkemizde de bu amaçla araştırmalar yapılmakta olup, ayrıca Orman Bölge Müdürlükleri kanalı ile Yabancı Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) dikim alanları oluşturulmaktadır (Anonim 2013d).

Yabanî Kiraz, yapraklı ormanlar içinde karışıma katılan en değerli türlerden birisi olup, özellikle Karadeniz Bölgemizde yapraklı tür dikimleri için önerilmektedir. Bu tür en iyi gelişmesini derin ve nemli balçıklı topraklar üzerinde yapar ve özellikle kireçtaşı üzerinde birikmiş derin topraklar ile düşük rakımlı arazilerin eğimli yamaçlarını tercih eder. Öncü bir ağaç türü olan yabancı kiraz gençlik dönemi haricinde ışık isteği fazla olan bir orman ağacıdır. Kiraz gövdeleri oldukça kuvvetli bir uç baskınlığına sahip olup tepe düzgün ve tek bir uç dal üzerinde oturur ve gençlikteki boy büyümesi hızlıdır.

26-35 metreye kadar boylanabilen, geniş tepeli bir ağaçtır. Genç sürgünleri kalın ve çıplaktır. Yaprakları yumurtamsı, ters yumurtamsı veya eliptik biçimindedir, 16X8 cm büyüklüğe ulaşabilir, orta damara göre simetriktir, kenarları basit dişli veya çift sıralı dişlidir. Önceleri alt yüzünde bulunan esmer renkli tüyler sonradan dökülür ve her iki yüzeyi de çıplaktır. Ancak damarların birleştiği yerdeki tüyler kalıcıdır. Yaprak sapı en fazla 5 cm kadardır, çiçek kurulu şemsiye tipindedir ve 2-3 çiçekten oluşur. Çiçekler beyaz renkli, 12-15 mm çapındadır. Çekirdekli sulu meyve küre biçiminde, kırmızıdan siyaha kadar varan renk tonlarındadır. Meyve cilalı gibi parlaktır, etli-sulu ve lezzetlidir; endokarpın dış yüzü pürüzsüzdür (Yaltırık ve Efe 1994).

Diri odun 2,5-5,0 cm genişlikte, sarımsı kırmızımsı beyaz renkte, öz odun taze halde biraz daha koyu olup, sarımsı açık kırmızımsı kahverenginde ve gittikçe koyulaşır. Tekstür oldukça ince ve yeknesak, lifler düzgün, ince iğne çizikli, parlak ve çok dekoratiftir. Yıllık halka sınırları ve öz ışınları çıplak göz ile traheler lup altında görülebilir. Radyal kesitte öz ışını levhacıklarını çıplak göz ile görmek mümkündür (Bozkurt ve Erdin 1989).

Trahe dizilişi yarı halkalı düzende, tek tek, ikisi bir arada ve kümeler halinde, trahe çapı 60-80 μ , ilkbahar odununda mm^2 de 200 adet, yıllık halka içerisinde ortalama mm^2 de 90 adet, çoğunlukla koyu renkli öz odunu maddeleri ile doludur. Boyuna paranzimler genellikle mevcut değildir. Çok nadir olarak apotraheal dağınık şekilde bulunabilir. Öz ışınları heterojen, 30-40 (50) hücre yüksekliğinde, 1-5 hücre genişliğinde, mm^2 de 6-10 adet ve %17 oranında bulunur. Uzunlukları 800-1300 μ ve ortalama %47 oranında bulunan lifler, lif taheidleri ve vasküler trahedlerden oluşur (Bozkurt ve Erdin 1989).

Düzgün lifli materyali iyi işlenir. Çok mükemmel cila kabul eder, yapıştırılması, civilenmesi ve renklendirilmesi iyidir. Çarpılmaya eğilimi fazla olup, buna rağmen oldukça hızlı kurutulabilir. Kullanım yeri stabilitesi ortadır. Öz odunu güç emprenye edilir. Mobilya, lambri, dekoratif marangozluk işleri, müzik aletleri, tornacılık, oymacılık ve markiteri, son derece dekoratif kesme kaplama levhaları, kapılar ve duvar kaplamalarında kullanılır. Taze haldeyken buharlandığında kırmızımsı kahverengine dönüşerek mahuna benzer bir renk alır. Yabani kiraz ağacına fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yabani kiraz odununun fiziksel özellikler, mekanik ve teknolojik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D_0	0,55	gr / cm^3
	D_{12}	0,60	gr / cm^3
Hacim yoğunluk değeri	Y	0,47	gr / cm^3
Daralma miktarları	B_t	8,7	%
	B_r	5,0	%
	B_v	14,1	%
Basınç direnci	σ_B	45	N/ mm^2
Çekme direnci	σ_{\parallel}	98	N/ mm^2
Eğilme direnci	σ_E	93	N/ mm^2
Elastikiyet modülü	E-Mod	10787,3	N/ mm^2
Makaslama direnci	σ_M	14,513	N/ mm^2
Şok direnci	a	0,92	kN/cm
Brinell sertlik	(\perp)	31	N/ mm^2
Brinell sertlik	(//)	51-59	N/ mm^2

2.1.2. Örnek Ağaçların Seçimi ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Doktora çalışmasında kullanılan Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench ağaçları Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Odayeri İşletme Şefliği sahasından alınmıştır. Odayeri İşletme Şefliği'nin 17 no'lu bölmesinden beş (5) adet Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench ağacı temin edilmiştir. Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.)

Monench ağaçlarının alındığı 17 no'lu bölme kayın ve gürgen ağaçlarının hakim olduğu 800 metre rakım, %50-60 eğim ve kuzey bakı özelliklerine sahiptir.

Ağaçların seçiminde TS 4176/1984'e göre hareket edilmiş olup, herhangi bir doğal büyüme kusuru olmayan, alındıkları bölgeyi en iyi temsil edebilecek bireyler olmalarına dikkat edilmiştir. Seçilen ağaçlar dipten itibaren 1,30 m yükseklikten sonra 2 m'lik gövde kısımlarına ayrılmış ve her parça üzerinde gerekli işaretlemeler yapılmıştır. Doktora çalışmasında kullanılan Yabani Kiraz ağaçlarından biri Şekil 2.1 ve ağaçların kesimi takiben orman sahasında tomruklanmış hali Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Yabani kiraz (Odayeri İşletme Şefliği-DÜZCE) (Aytin 2010).

Elde edilen 2 m'lik gövde kısımları Kereste Fabrikasına (Recep Sivrikaya-Düzce) götürülerek keskin kesiş yöntemi ile TS 2470/1976'e göre 60 mm kalınlığında kalaslar biçilmiştir. Tomruklardan kalas üretimi ve istifleme Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Doktora çalışmasında kullanılan yabani kiraz ağaçlardan orman sahasında kesimi takiben alınan tomruklar (Aytin 2010).

Kalaslar tam otomatik yönetilen klasik kurutma fırınında ortalama %12 rutubete kadar kurutulmuş ve thermowood ısı işlemi yapılana kadar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ bağıl neme ayarlanabilen iklimlendirme odasında bekletilmiştir.



Şekil 2.3. Kalas üretimi (Aytin 2010).



Şekil 2.4. Kalas istifleme (Aytin 2010).

Isıl işlem öncesi kalaslar 5 (beş) gruba ayrıldı. Isıl işleme 4 (dört) grup ayrılırken, 1 (bir) grup kontrol örneklerinin (KÖ) hazırlanması için iklimlendirme odasında bekletilmiştir.

2.2. YÖNTEM

2.2.1. ThermoWood Metodu İle Isıl İşlem Uygulaması

Yabani Kiraz kalasları, Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede de bulunan fabrikasında ThermoWood yöntemi ile ısıl işleme tabi tutulmuştur. Fabrikada, taze ve hava kurusu ağaç malzemeye ısıl işlem uygulanmakta olup, çalışmada kullanılmış olan Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) kalasları hava kurusu haldeki ağaç malzemelerle birlikte ısıl işleme tabi tutulmuşlardır. Hava kurusu haldeki ağaç malzemeler için işletme kullanılan üretim grafiklerinden biri Şekil 2.5'de görülmektedir.

ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulamasında işletmenin üretim programına uygun olarak 190°C ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ile ısıl işlem yapılarak 4 farklı varyasyon oluşturulmuştur.

Isıl işlem varyasyonlarının uygulandığı üretim programları Çizelge 2.2'de görülmektedir.

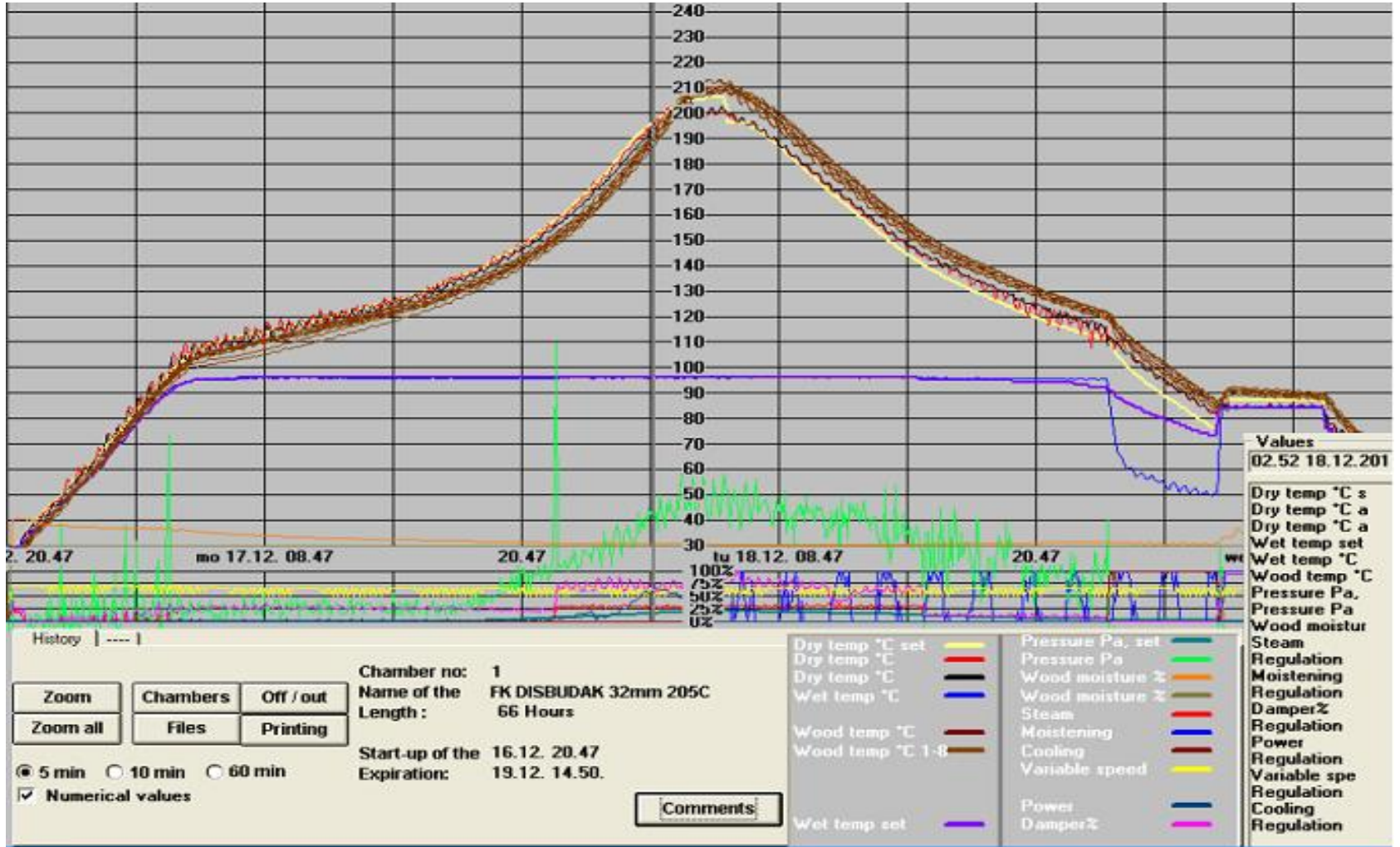
Çizelge 2.2. Isıl işlem varyasyonları.

Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)
190	60
190	120
212	60
212	120

Isıl işlem uygulaması tamamlanan kalaslardan çalışma kapsamında kullanılacak olan ısıl işlem görmüş test örnekleri (İİGTÖ) hazırlanarak, %20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl neme sahip iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar 2 ay beklendikten sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir. Deney örneklerinin sayısı TS CEN/TS 15679'a göre belirlenmiştir.

2.2.2. Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması

Test örneklerine hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Bolu İli Gerede ilçesindeki fabrikasının AR-GE laboratuvarında gerçekleştirildi. Yaşlandırma uygulamasında, kontrol ve ısıl işlem varyasyonlarının her biri için 4'er adet olmak üzere 10x75x150 mm ölçülerinde toplamda kontrol grubu ile birlikte 100



Şekil 2.5. ThermoWood ısı işlem grafiği (Hava kurusu dişbudak-NovaWood firmasından alınmıştır).

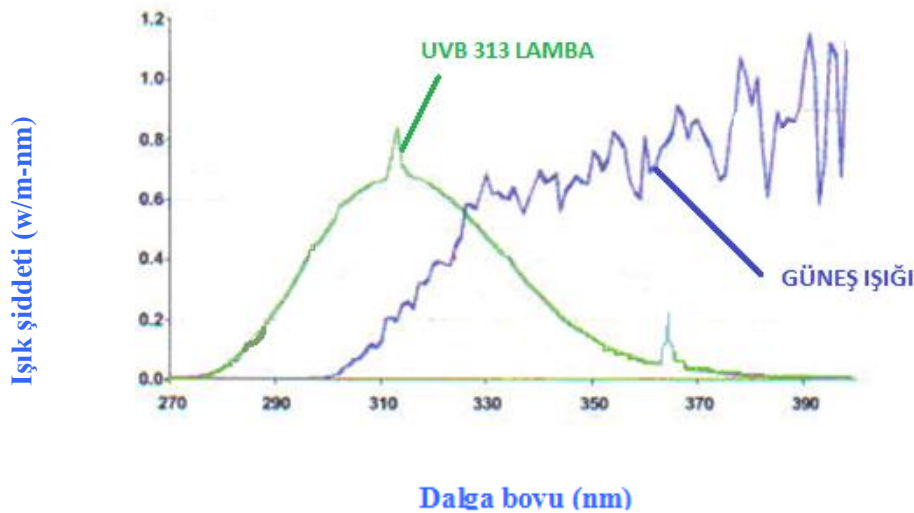
adet test örneği hazırlandı. Her bir test örneğinin 5'er noktasından kontrol amaçlı olarak kullanılmak üzere yaşlandırma öncesinde renk, parlaklık ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçüldü.

Yaşlandırma işlemi Q-LAB firmasının ürettiği QUV Hızlandırılmış Yapay Test (Accelerated Weathering Tester-Model QUV/Spray) cihazında 144, 288, 576 ve 864 saat sürelerde gerçekleştirildi. Yaşlandırmada ASTM G154 (84) standardı esas alınmak sureti ile Q-Lab firmasının Türkiye distribütörü Feza Kimya A.Ş. tarafından QUV hızlandırılmış yaşlandırma cihazı için modifiye edilmiş program kullanılmıştır. Modifiye program birbirini takip eden 3 bölümden oluşmakta olup Çizelge 2.3'te yaşlandırma uygulamasında kullanılan program ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Hızlandırılmış yaşlandırma programı.

İşlem Türü	Süre (Dakika)	Sıcaklık (°C)	Işık Şiddeti (W/m ²)	Dalga Boyu (nm)
UV	60	60	0.67	310
Yağmurlama	10			
Kondisyonlama	240	50		

Yaşlandırma testlerinde Q-LAB firmasının üretmiş olduğu UV-B 313 EL tipi lambalar kullanılmıştır. UV-B 313 lambaları 0,67 W/m² ile 1,23 W/m² arasında ışık şiddetine sahip ve 310 nm dalga boyunda yaşlandırmanın en yüksek hızda gerçekleştirilmesine uygun kısa dalga UV üretirler. Bu özellikleri ağaç malzeme üzerindeki deformasyonu oldukça hızlandırır. UVB 313 EL lambalarının güneş ışığı ile karşılaştırmalı dalga boyu analizi Şekil 2.6'da verilmiştir.



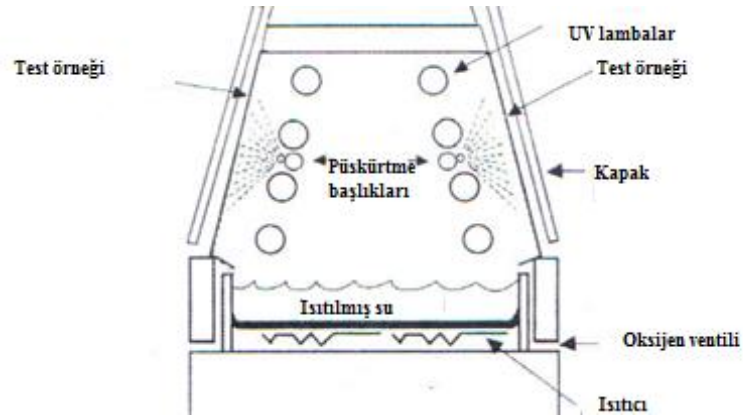
Şekil 2.6. Güneş ışığı ve UVB 313 EL ışığı dalga boyu analizi (Anonim 2012).

UVB 313 EL lambaları ortalama 1200 saatlik kullanım ömrüne sahiptirler. Her bir yaşlandırma döngüsünün 1.basamağında 60 dakika UV uygulaması yapılmıştır. UV-B 313 EL lambaları ile test örnekleri arasında 45 mm mesafe bulunmaktadır. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma test cihazında UVB 313 EL lambaları yerleşim ve yerine montajı Şekil 2.7’de görülmektedir.



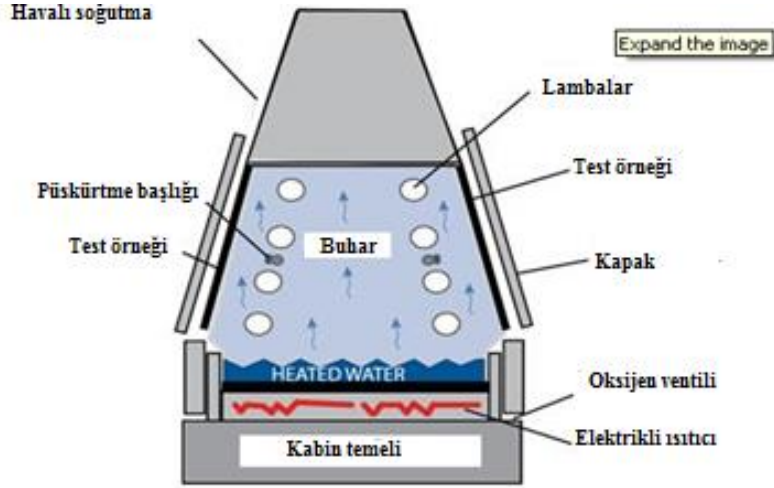
Şekil 2.7. UV-B 313 Lambaların montajı (Anonim 2012).

Yaşlandırma uygulamasında her bir döngüde 10 dakika süre ile ağaç malzeme üzerinde termal şok ve tahribata yol açan yağmurlama yapılmıştır. Yağmurlama sistemi 12 adet su püskürtme başlığından (her bir yüzde 6’şer adet) oluşur. Püskürtme başlıkları UVB 313 EL arasına yerleştirilmiştir. Yağmurlama sistemi çalıştığında UV kapatılır. Püskürtme başlıklarının yerleşimi ile yağmurlama Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8. Hızlandırılmış yaşlandırma cihazında püskürtme başlıkları (Anonim 2012).

Yaşlandırma uygulamasında 3. adım 4 saat süre ile kondisyonlama olarak uygulanmıştır. Kondisyonlama ortamında 50°C sıcaklık ve %100 oranında bağıl neme ulaşılır. Kabin içerisindeki buhar cihazın tabanındaki suyun elektrikli ısıtıcılar yolu ile elde edilir. QUV yaşlandırma cihazında kondisyonlama işleminde buhar oluşumu ve elemanlar Şekil 2.9’da resmedilmiştir.



Şekil 2.9. Hızlandırılmış yaşlandırma test cihazı kondisyonlama (Anonim 2012).

Yaşlandırma işlemi tamamlanan her bir yaşlandırma varyasyonuna ait test örnekleri $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl neme sahip iklimlendirme odasında 28 gün bekletildikten sonra yaşlandırma sonrası renk, parlaklık ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin belirlenmesi için ölçümler yapıldı. Test örneklerinin makineye yerleşim durumu Şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.10. Hızlandırılmış test cihazında örneklerin yerleşimi (Aytin 2012).

2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özelliklerden tam kuru ve hava kurusu yoğunluk, daralma, genişleme ile ısı iletkenliği özelliklerine ait değerler için KÖ'ne göre İİGTÖ elde edilen bulguların karşılaştırması yapılmıştır. Renk, parlaklık ve ortalama yüzey pürüzlülüğü özellikleri için KÖ'ne göre ısı işlem ve yaşlandırma sonrası olmak üzere ayrı ayrı, yaşlandırma sonrası renk değerlerindeki değişim ise hem KÖ'ne hem de İİGTÖ'ne göre incelenmiştir.

2.2.3.1. Tam Kuru Yoğunluk

Tam kuru yoğunluklar için, TS CEN/TS 15679/2010'a göre 20x20x30 mm boyutlarında her bir varyasyon için 32'er adet olmak üzere toplam 160 deney örneği hazırlanmış, yoğunlukların belirlenmesi için TS 2472/1976 ve TS 2471/1976 esaslarına uyulmuştur. Tam kuru yoğunluk (δ_o) tayini için, örnekler etüvde $103\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık derecesinde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak içerisinde CaCl_2 bulunan desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 g duyarlıklı elektronik terazide tartılmıştır. Örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri hesaplandıktan sonra tam kuru yoğunlukları (δ_o); tam kuru ağırlık (M_o) ve hacim (V_o) değerlerine göre;

$$\delta_o = \frac{M_o}{V_o} \quad (\text{gr/cm}^3) \quad (2.1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

δ_o : Tam kuru yoğunluk, (gr/cm^3)

M_o : Tam kuru ağırlık, (gr)

V_o : Tam kuru hacim, (cm^3)

2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk

Hava kurusu yoğunluklar için, TS CEN/TS 15679/2010'a göre 20x20x30 mm boyutlarında her bir varyasyon 32'er adet olmak üzere 160 deney örneği hazırlanmış, yoğunlukların belirlenmesi için TS 2472/1976 ve TS 2471/1976 esaslarına uyulmuştur. Hava kurusu yoğunluk (δ_{12}) tayini için, örnekler iklimlendirme odasında $20\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve % $65\pm 5^\circ\text{C}$ bağıl nemde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Değişmez ağırlığa gelen örneklerin 0,01 g duyarlıklı elektronik terazide

tartılarak ağırlıkları, $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile boyutları ölçülerek hacimleri bulunduktan sonra hava kurusu yoğunlukları (δ_{12}); hava kurusu ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerlerine göre;

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2.2)$$

eşitliği işe hesaplanmıştır. Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

δ_{12} : Hava kurusu yoğunluk, (gr/cm³)

M_{12} : Hava kurusu ağırlık, (gr)

V_{12} : Hava kurusu hacim, (cm³)

Hesaplanan rutubet değerlerinden, KÖ için yoğunlukların % 12'ye ayarlanmasında (2.3) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\delta_{12} = \delta_R \times \left[\frac{(1 - 0,85 \times \delta_R) \times (R - 12)}{100} \right] \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte;

δ_{12} : Hava kurusu yoğunluk, (gr/cm³)

δ_R : % R rutubetteki yoğunluk, (g/cm³)

R : Örnek rutubeti. (%)

2.2.3.3. Daralma

Daralma miktarları, teğet ve radyal yönde TS 4083/1984, hacimce TS 4085/1983 esaslarına uyularak belirlenmiştir. TS CEN/TS 15679/2010'a göre, her bir varyasyon için 25'er adet olmak üzere toplam 125 daralma örneği hazırlanmış ve 20°C sıcaklıktaki temiz ve dinlendirilmiş su içerisinde boyutlarında bir değişim olmayıncaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin boyutları $\pm 0,001$ mm hassas dijital kumpasla ölçülerek rutubetli boyutları bulunmuştur. Aynı örnekler, normal atmosfer şartlarında 2 hafta bekletildikten sonra $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuş, içerisinde CaCl₂ bulunan desikatörde soğumaya bırakılmış ve ilk ölçüm yerlerinden tekrar ölçüm yapılarak tam kuru boyutları bulunmuştur. Bulunan rutubetli ve tam kuru boyutlara göre daralma yüzdeleri (β) aşağıdaki eşitlik ile tespit edilmiştir(2.4);

$$\beta = \frac{R_y - R_o}{R_y} \times 100 (\%) \quad (2.4)$$

Eşitlikte;

β : Daralma miktarı, (%)

R_y : Yaş haldeki ölçü, (mm)

R_o : Tam kuru ölçü, (mm) ifade etmektedir.

Şekil 2.11’de radyal ve teğet yönde, Şekil 2.12’de boyuna yönde boyutların ölçülmesinde kullanılan $\pm 0,001$ mm hassas dijital kumpaslar ve ölçüm resmi görülmektedir.



Şekil 2.11. Radyal ve teğet boyutların ölçülmesi (Aytin 2012).



Şekil 2.12. Boyuna yönde uzunluğun ölçülmesi (Aytin 2012).

2.2.3.4. Genişleme

Genişleme miktarları, teğet ve radyal yönde TS 4084/1984 ve hacimce TS 4086/1983 esaslarına uyularak belirlenmiştir. TS CEN/TS 15679/2010’a göre, her bir varyasyon için 25’er adet olmak üzere toplam 125 genişleme örneği hazırlanmış ve $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulup, içerisinde CaCl_2 bulunan desikatörde soğutulduktan sonra karşılıklı iki kesitte işaretlenen noktalar arasındaki uzunlukları $\pm 0,001$ mm hassas dijital kumpasla ölçülmüştür. Aynı örnekler 20°C sıcaklıktaki temiz ve dinlendirilmiş su içerisinde boyutlarında bir değişim olmayıncaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra örnekler $\pm 0,001$ mm hassas dijital kumpasla ölçülerek rutubetli boyutları bulunmuştur. Bulunan rutubetli

ve tam kuru boyutlara göre genişleme yüzdeleri (α) aşağıdaki eşitlik ile tespit edilmiştir(2.5);

$$\alpha = \frac{R_y - R_0}{R_0} \times 100 (\%) \quad (2.5)$$

Eşitlikte;

- α : Genişleme miktarı, (%)
 R_y : Yaş haldeki ölçü, (mm)
 R_0 : Tam kuru ölçü, (mm) ifade etmektedir.

2.2.3.5. Isı İletkenliği Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı ölçülecek her bir varyasyon'dan 10 teğet ve 10 radyal olmak üzere toplamda 100 adet örnek hazırlanmıştır. ASTM C 177/C 518/2004'e göre hazırlanan 20x50x100 mm boyutlarındaki deney örnekleri, 20±2°C sıcaklık ve %65±5°C bağıl nemde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Örneklerin ortasından genişlik ve yükseklikleri ±0,01 mm duyarlıklı kumpasla ölçülerek kesit yüzeyleri hesaplanmıştır. Şekil 2.13'de teğet yönde, Şekil 2.14'de radyal yönde ısı iletkenliği katsayısı ölçümünde kullanılan test örnekleri enine kesit görünüşleri, (2.6)'te ısı iletkenliği katsayısının bulunmasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir;

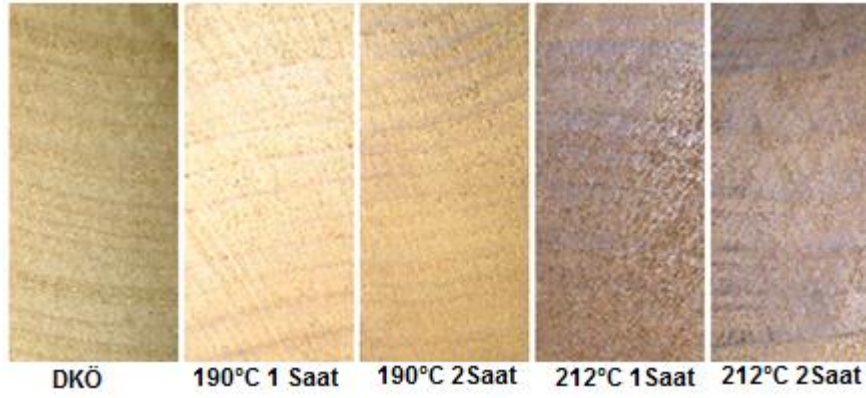
$$\lambda = \frac{Q \times e}{A \times z \times (t_2 - t_1)} \quad (\text{W/m.K}) \quad (2.6)$$

Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

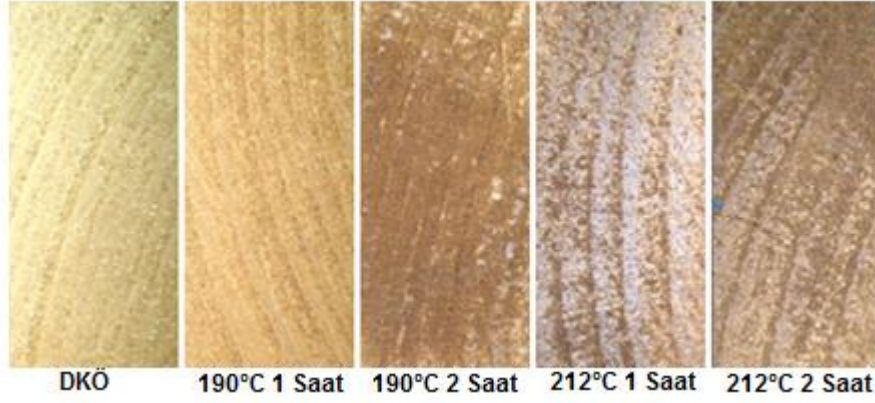
- λ : Isı iletkenliği katsayısı, (W/m.K)
 Q : Isı miktarı, (Cal veya Kcal)
 e : Kalınlık, (cm, m)
 A : Yüzey alanı, (cm², m²)
 z : Zaman, (sn, saat)
 t_2, t_1 : İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı, (°C)

ASTM C 1113-99/2004'e göre test cihazı Quick Thermal Conductivity-500 (QTM-500) ısı iletkenliği test makinesinde PD-11 sensör probu kullanılarak ısı iletkenliği ölçülmüştür. Tüm deneylerden önce cihazın kalibrasyon ölçümleri yapıldıktan sonra deneye geçilmiş ve her bir örneğin bir dakika süreyle otomatik olarak ölçümleri

yapılmıştır. Isı iletkenliği katsayısının belirlenmesinde kullanılan QTM-500 cihazı Şekil 2.15’de verilmiştir.



Şekil 2.13. Teğet yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri (Aytin 2012).



Şekil 2.14. Radyal yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri (Aytin 2012)



Şekil 2.15. Isı iletkenlik katsayısının QTM-500 cihazı ile ölçülmesi (Sefil 2010).

2.2.3.6. Yüzey Pürüzlülüğü

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, Mitutoyo yüzey test ölçüm cihazı kullanılmıştır (Mitutoyo Surftest SJ-301). Mitutoyo Surftest SJ-301 ile profillerin ölçümleri bir kayıt iğnesi bulunan bir cihaz kullanılarak yapılır. Cihaz ölçmeyi, 4 (μm) iğne çapı ve ölçme açısı boyuna lif yönü ile 90° açı olacak şekilde 10 mm/dakika ölçüm hızı ile yapmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğünü belirlenmesinde her bir varyasyon için, kesici bıçak devri 4500 d/dak olan planya ve kalınlık makinelerinde rendelenerek yüzeyleri düzgünleştirilen 4'er adet panel hazırlanmıştır. $20\pm 2^\circ\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ bağıl nemde 1 ay bekletilen panellerin her birinden 5'er adet olmak üzere bir varyasyon için 20'er noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmış olup, ölçümler yaşlandırma uygulamasında kullanılan tutucu açıklığına göre UV, yağmurlama ve kondisyonlama şartlarının test örnek yüzeyleri ile temas ettikleri kısımlardan işaretlenmek sureti ile belirlenen ölçüm noktalarından lif yönüne dik olarak gerçekleştirilmiştir. Her gruba ait test örneklerine yaşlandırma işlemlerinden sonra da aynı şekilde 20'er adet noktadan ölçümler yapılmıştır. Ölçme noktası sayısı TS CEN/TS 15679/2010'a göre belirlenmiştir.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) ISO 4287/1997 ve DIN 4768/1990'e göre belirlenmiştir (Şekil 2.16).



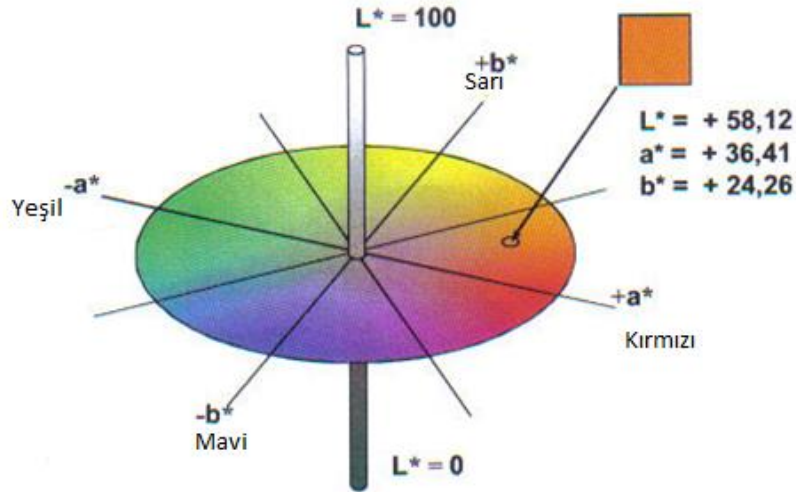
Şekil 2.16. Mitutoyo Surftest SJ-301 ile yüzey pürüzlülüğü ölçülmesi (Aytin 2012).

2.2.3.7. Renk Farklılığı

Renk değerlerinin belirlenmesi CIELab renk sistemine göre yapılmıştır.

Rengin daha kolaylıkla anlaşılabilir tanımını yapmak üzere 1976 yılında CIE, X,Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanan L^* , a^* ve b^* şeklindeki üç koordinatı bulunan ve CIELab sistemi olarak adlandırılan bir renk sistemi tanımlanmıştır. Harflerle birlikte yazılan “*” işareti, daha önce geliştirilmiş farklı renk sistemlerindeki benzer formüllerinden CIE formüllerini ayırt edebilmek için kullanılır (Yeşil 2010).

CIELab renk sistemine göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin ölçüm anı ve ölçüm yapılan renk bölgesinin değerleri Şekil 2.17’de verilmiştir.



Şekil 2.17. CIELab renk sistemine göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin belirlenmesi (Anonim 2012).

Burada, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$) ekseninde, a^* , kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b^* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır. L açısı aynı zamanda odunda renk değişimini ifade eder. Bu açının daralması odunun renginin kırmızı renge yaklaştığını (a), genişlemesi ise sarı renge (b) yaklaştığını göstermektedir.

Renk farklılığı, beyaz renge göre $a=4,91$; $b=3,45$; $c=6,00$, $L=324,9$ olacak şekilde kalibre edilebilen Elrepho 071 spectrometer aleti ile ISO 7724–2/1984 standardına göre

incelenmiştir. Renk farklılığının rengin hangi tonunda etkili olduğunu belirlemek amacıyla kırmızı renk tonu (a^*), sarı renk tonu (b^*) ve renk açısı (L^*) değerleri incelenmesi birbirinden bağımsız olarak yapılmıştır.

Renk değerlerinin ölçülmesinde yüzey pürüzlülüğünde kullanılan panellerden yararlanılmış, ilk olarak $20\pm 2^\circ\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ bağıl nemde bekletilen kontrol örnekleri ile ısı işlem görmüş test örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) belirlenmiş, ardından her bir yaşlandırma safhasını takiben örneklerin yaşlandırma sonrası renk değerleri tespit edilmiştir.

Ölçme noktası sayısı TS CEN/TS 15679/2010'a göre belirlenerek, her bir test grubuna ait panellerden 5'er ölçüm olmak üzere bir varvasyon için toplamda 20'er noktadan renk değerleri ölçümü yapılmış olup, ölçümler yaşlandırma uygulamasında kullanılan tutucu açıklığına göre UV, yağmurlama ve kondisyonlama şartlarının test örnek yüzeyleri ile temas ettikleri kısımlardan işaretlenmek sureti gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde her gruba ait test örneklerinin yaşlandırma işlemlerinden sonra da 20'er adet noktadan renk değerlerine ait ölçümler yapılmıştır.

Renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılan Elrepho 071 spectrometer renk ölçme cihazı ile ölçümün resmi Şekil 2.18'de görülmektedir.



Şekil 2.18. Elrepho 71 cihazı ile renk değerlerinin belirlenmesi (Aytin 2012).

Renk farklılığının analizi için önce ısıtıl işlem görmüş test örneklerinin rengi ile ısıtıl işlem görmemiş kontrol örneklerinin arasındaki fark hesap edilerek irdelenmiştir. Ardından her bir yaşlandırma sonrası oluşan rengin ısıtıl işlem görmemiş kontrol örneklerine göre farkı, son olarak da ısıtıl işlem görmüş örneklerin başlangıçtaki renk durumu ile her bir yaşlandırma safhası sonrası oluşan renk farklılığı hesap edilerek irdelenme yapılmıştır. Belirlenen renk değerlerinden toplam renk farklılığı (ΔE^*), ISO 7724-3/1984'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (2.7). Burada Δ , farklılığı göstermektedir ve E harfi, Almanca hissetme anlamına gelen *Empfindung* kelimesinin baş harfidir (Yeşil 2010).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2.7)$$

eşitliği ile ifade edilir. Eşitlikte;

ΔE^* : Isıtıl işlem sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk farklılığını,

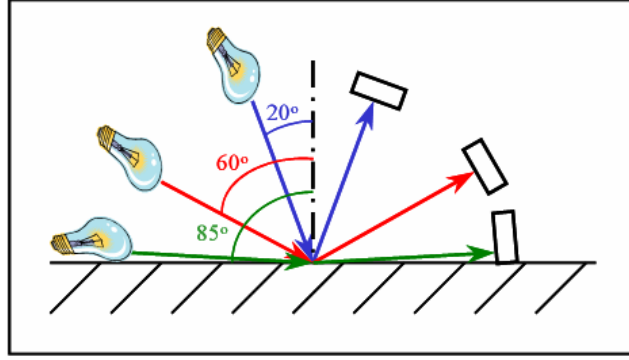
ΔL^* : Siyah-beyaz renk değişimini,

Δa^* : Kırmızı-yeşil renk değişimini,

Δb^* : Sarı-mavi renk değişimini, ifade etmektedir.

2.2.3.8. Parlaklık

Parlaklık kavramı; yüzeye gelen ışığın ne oranda aynı açıyla yansıdığına ölçüsüdür. Yüzeyin yansıtmayı ne oranda yaptığını belirlemek için “parlaklık ölçer (glossmetre)” adı verilen cihazlar kullanılır. Parlaklık yüzeylerde birden fazla ölçüm yapılarak elde edilen bir değerdir. 60°’de yapılan ön ölçüm değerlerine göre bulunan parlaklık değeri ile asıl ölçüm açısı belirlenir. 60°’de yapılan ön ölçüm ile bulunan değerlere göre parlaklık ölçme işlemi, yaygın olarak 20°, 60° ve 85°’de ışık ışınları göndermek ve aynı derecelerde dönen ışık yegınlık oranını ölçmek biçiminde yapılır. Parlaklık ölçümünün şematik görünümü şematik görünüşü Şekil 2.19’de verilmiştir.



Şekil 2.19. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi (McCormick ve Tas 1999).

60°'de yapılan parlaklık ön ölçümler sonrası esas ölçüm açısı belirlenir (Çizelge 2.4). Esas ölçüm sonrası çıkan sonuçlara göre yüzeylerin mat, yarı mat, yarı parlak, parlak ve çok parlak gibi sınıflara sokulmaları yaygın bir alışkanlıktır (Çakıcıer 2007).

Çizelge 2.4. 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenmesi (McCormick ve Tas 1999).

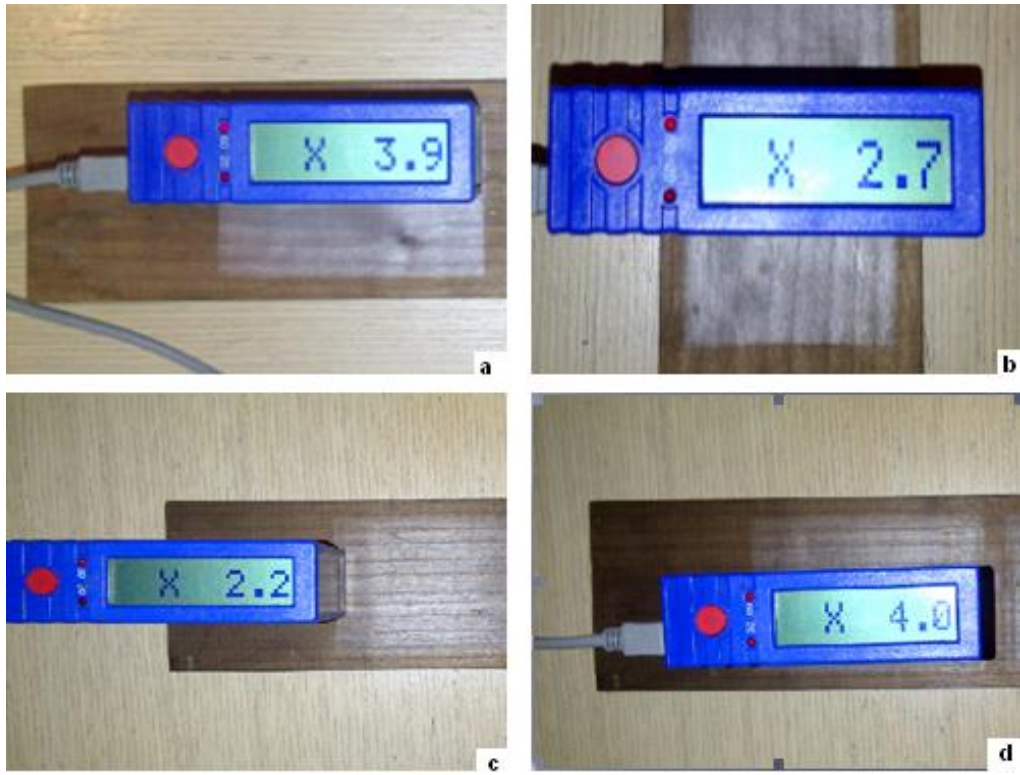
Ön ölçüm açısı	Bulunan parlaklık değeri(%)	Asıl ölçüm açısı
60°	10'dan küçük ise	85°
60°	10-70 arasında ise	60°
60°	70'den büyük	20°

Çakıcıer 2007'e göre kusursuz ve parlak yüzeyler belirli bir yönde gelen ışını aynı ya da benzer bir açı ile yansıtır. Parlaklık yüzeylerde birden fazla ölçüm yapılarak elde edilen bir değerdir.

Denemelerde test örneklerinin ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılarak TS 4318/1985 esaslarına göre parlaklık ölçümleri, Erichsen marka Picogloss 562 Mc Gloos Meter parlaklık ölçer (Gloss-metre) ile yapılmıştır. Deney cihazı, bir ışık kaynağı ile paralel veya birbirine yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercekle sistem, fotosel ve yansıyan ışık konisini alan alıcıdan meydana gelmiştir. Ölçümlerde 60±2°'de ölçüm yapan, parlaklık ölçme cihazı her işlemde ve işlemlerden önce kalibre edilmiştir. Günlük kalibrasyonda iyi cilalanmış ve düzgün yüzeyli, kırılma indisi 1,567 olan ve parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş siyah cam kullanılmıştır .

Ölçme noktası sayısı TS CEN/TS 15679/2010'a göre belirlendikten sonra, parlaklık değerlerinin ölçülmesinde yüzey pürüzlülüğünde kullanılan panellerden yararlanılmış, ilk olarak $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $\%65\pm 5$ bağıl nemde bekletilen kontrol örnekleri ile ısıtıl işlem görmüş test örneklerinin parlaklık değerleri belirlenmiş, ardından her bir yaşlandırma safhasını takiben örneklerin yaşlandırma sonrası parlaklık değerleri tespit edilmiştir. Ölçme, paneller üzerinde toplam yirmi noktadan liflere dik ve liflere paralel yönde gerçekleştirilmiş ve ortalama parlaklık, liflere dik ve liflere paralel değerlerin ortalamaları alınmak sureti ile hesaplanmıştır.

Parlaklık değerlerinin ölçümü Şekil 2.20'de görülmektedir.



Şekil 2.20. Isıl işlem ve yaşlandırma görmüş örneklerde parlaklık ölçülmesi (a: 190°C 2/576 liflere paralel; b: 190°C 2/576 liflere dik; c: 212°C 2 /288 liflere paralel; d: 212°C 2 /288 liflere paralel).

2.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mekanik direnç özelliklerinden liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, dinamik eğilme direnci ve liflere dik çekme direnci deneyleri yapılarak KÖ'ne göre İİGTÖ'den elde edilen bulguların karşılaştırması yapılmıştır.

2.2.4.1. Liflere Paralel Basınç Direnci

Basınç direnci TS 2595/1977 esaslarına göre tespit edilmiştir. Deney örneklerinin enine kesiti 20x20 mm, boyu ise 30 mm olmak üzere her bir varyasyon için 32'er adet olmak üzere 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri 20±2°C ve %65±5 bağıl neme sahip klima odasında 2 ay bekletildikten sonra liflere paralel basınç deneyi yapılmıştır. Deneyden önce deney örneklerinin enine kesit boyutları ±0,01 mm hassaslıkla ölçüm yapabilen kumpasla, ağırlıkları 0,01 gr hassas precisa adlı terazide ölçülmüş daha sonra kuvvet yönü lif yönüne paralel gelecek şekilde üniversal test makinesine yerleştirilmiştir (Şekil 2.21). Üniversal test mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1,5 dakika-2 dakika sonra meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dk hızla çalıştırılmıştır. Basınç direnci;

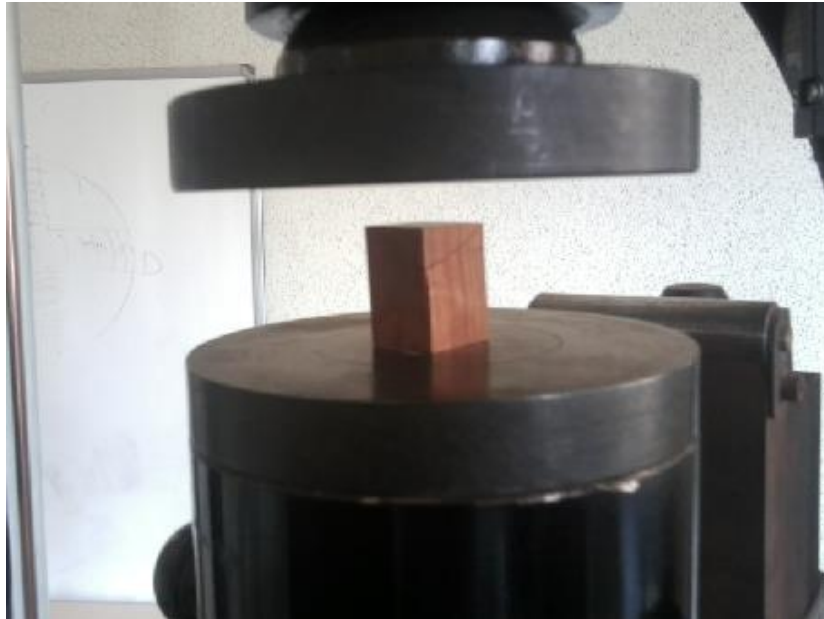
$$\sigma_w = \frac{P_{max}}{A} \quad (N/mm^2) \quad (2.8)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada,

σ_w : Basınç direnci, (N/mm²)

P_{max} : Kırılma anındaki maksimum kuvvet, (N)

A : Örneğin enine kesit alanı, (mm²)



Şekil 2.21. Liflere paralel basınç direnci deneyi sonrası örnek görünüşü (Aytin 2012).

Liflere paralel basınç deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan KÖ için, liflere paralel basınç direnci değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında (2.9) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma_{w12} = \sigma_R [1 + \alpha(R - 12)] \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.9)$$

Eşitlikte;

σ_{w12} : Hava kurusu rutubette liflere paralel basınç direnci, (N/mm²)

R : Rutubet, (%)

σ_R : Ölçülen liflere paralel basınç direnci, (N/mm²)

α : Düzeltme faktörü, (0,05)

2.2.4.2. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneylerinde TS 2474/1976 esaslarına uyulmuştur. Eğilme direnci denemeleri için hazırlanan 20x20x360 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Her bir varyasyon için 32 adet olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri 20±2°C ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında 2 ay bekletildikten sonra eğilme direnci deneyi yapılmıştır. Üniversal test makinesinin yükleme mekanizmasının hızı, kırılmanın yükleme anından itibaren 1,5-2 dakika içinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Üniversal test makinesine, dayanak noktaları açıklığı 300 mm olacak şekilde yerleştirilen örneklere, yıllık halkalara teğet yönde ve dayanak açıklığının orta kısmından kırılma işlemi gerçekleşinceye kadar yük uygulanmıştır. Deneyler yapılmadan önce örnekler ±0,01 mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla genişliği ve kalınlığı ölçülmüştür. Eğilme direncinin hesaplanmasında;

$$\sigma_B = \frac{3}{2} \times \frac{P_{\max} \times l}{b \times h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.10)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

σ_B : Eğilme direnci, (N/mm²)

P_{\max} : Kırılma anında ölçülen maksimum kuvvet (N)

L : Dayanaklar arası açıklık, (mm)

b : Örnek genişliği, (mm)

h : Örnek yüksekliği, (mm)

Üniversal test makinesinde yapılan eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi Şekil 2.22’de verilmiştir.



Şekil 2.22. Eğilme direnci deneyi (Aytin 2012).

Eğilme direnci deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976’e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12’den farklı olan KÖ için, eğilme direnci değerlerinin % 12’ye ayarlanmasında (2.11) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma_{B12} = \sigma_R [1 + \alpha(R - 12)] \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.11)$$

Eşitlikte;

σ_{B12} : Hava kurusu rutubette eğilme direnci, (N/mm²)

R : Rutubet, (%)

σ_R : R rutubetinde eğilme direnci, (N/mm²)

α : Düzeltme faktörü, (0.04)

2.2.4.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde TS 2478/1976 esaslarına uyulmuş ve 20x20x360 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Örnekler hazırlanırken, yıllık halkaların kesit yüzeyine teğet olmasına dikkat edilmiştir. Her bir varyasyon için 32 adet olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri 20±2°C ve % 65±5 bağıl neme sahip klima

odasında 2 ay bekletildikten sonra eğilme direnci deneyi yapılmıştır. Denemelerde dayanak noktalarının açıklığı 300 mm olarak alınmış ve eğme kuvveti deney numunesinin radyal yüzeyine dik, yıllık halkalara teğet yönde ve tam ortadan uygulanmıştır. Deneyler yapılmadan önce örnekler $\pm 0,01$ mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla genişliği ve kalınlığı ölçülmüştür. Eğilmede elastikiyet modülünün hesaplanmasında;

$$E = \frac{\Delta P \times L^3}{4 \times f \times b \times h^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.12)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

- E : Eğilmede elastikiyet modülü, (N/mm²)
 ΔP : Elastikiyet bölgesindeki iki yükleme arasındaki fark, (N)
f : Sehim miktarı, (mm)
b : Radyal ölçü, (mm)
h : Teğet ölçü, (mm)
L : Mesnet açıklığı, (300 mm)

Eğilmede elastikiyet modülü deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan KÖ için, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında (2.13) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$E_{12} = E_R [1 - \alpha(12 - R)] \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.13)$$

Eşitlikte;

- E_{12} : Hava kurusu rutubette elastikiyet modülü, (N/mm²)
R : Rutubet, (%)
 E_R : R rutubetinde elastikiyet modülü, (N/mm²)
 α : Düzeltme faktörü, (0,02)

2.2.4.4. Dinamik Eğilme Direnci

Dinamik eğilme direncinin bulunmasında TS 2477/1976 esaslarına uyulmuştur. Deneyde 20x20x300 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Her bir varyasyon için 32 adet olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve % 65 ± 5 bağıl neme sahip klima

odasında 2 ay bekletildikten sonra dinamik eğilme direnci deneyi yapılmıştır. Deneyler yapılmadan önce örnekler $\pm 0,01$ mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla genişliği ve kalınlığı ölçülmüştür. Deney parçalarının radyal yüzlerinde çarpma gerçekleştirilerek çarpma anında deney parçasının kırılmasını sağlayan enerji miktarı üzerinden dinamik eğilme direnci bulunmuştur. Dinamik eğilme direnci (A_w);

$$A_w = \frac{1000 \times Q}{b \times h} \text{ (kN/cm)} \quad (2.14)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Burada,

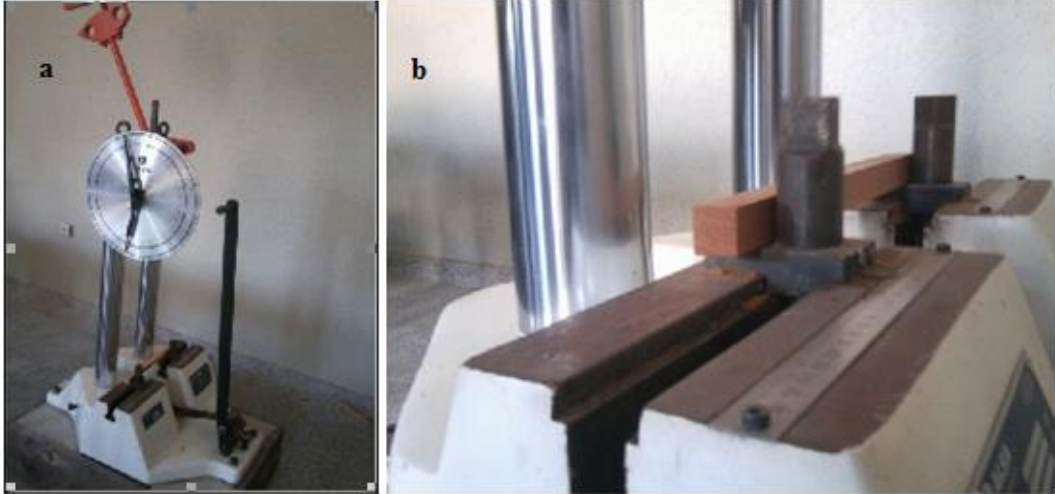
A_w : Dinamik eğilme direnci, (kN/cm)

Q : Deney parçasının kırılması için gerekli enerji, (kg.m)

b : Radyal ölçü, (mm)

h : Teğet ölçü, (mm)

Dinamik eğilme direncinin yapıldığı makine ve test düzeneği Şekil 2.23 a ve b'de verilmiştir.



Şekil 2.23. Dinamik eğilme direnci deneyi a) Deney makinesi b) Deney örneğinin pozisyonu (Aytin 2012).

Dinamik eğilme direnci deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan KÖ için, dinamik eğilme direnci değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında (2.15) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$A_{12} = A_w \times (1 + \alpha \times (R - 12)) \text{ (kN)} \quad (2.15)$$

Eşitlikte;

A_{12} : Hava kurusu rutubette dinamik eğilme direnci, (kN/cm)

R : Rutubet, (%)

A_w : R rutubetinde dinamik eğilme direnci, (kN/cm)

α : Düzeltme faktörü, (0,025)

2.2.4.5. Liflere Dik Çekme Direnci

Liflere dik çekme direnci TS 2476/1976 esaslarına göre tespit edilmiştir. Deneyde 20x20x70 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Her bir varyasyon için 32 adet olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri 20±2°C ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında 2 ay bekletildikten sonra liflere dik çekme deneyi yapılmıştır. Deneyler yapılmadan önce örneklerin deney bölgesinin boyutları ±0,01 mm duyarlılığa sahip olan dijital bir kumpasla ölçülmüştür. Kırılma anındaki en büyük kuvvet(P_{max})’ de göre liflere dik çekme aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur;

$$\sigma_z = \frac{P_{max}}{b \times h} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.16)$$

Eşitlikte;

σ_z : Liflere dik çekme direnci, (N/mm²)

P_{max} : Kırılma anındaki maksimum kuvvet, (N)

b ve h : Deney bölgesi boyutları, (mm)

Liflere dik çekme deneyi Şekil 2.24’de verilmiştir.

Deney örneklerinin kırılma anındaki rutubetleri TS 2471(2476)’e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12’den farklı olan KÖ için, liflere dik çekme direnci değerlerinin % 12’ye ayarlanmasında (2.17) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma_{12} = \sigma_w \times [1 + \alpha \times (R - 12)] \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.17)$$

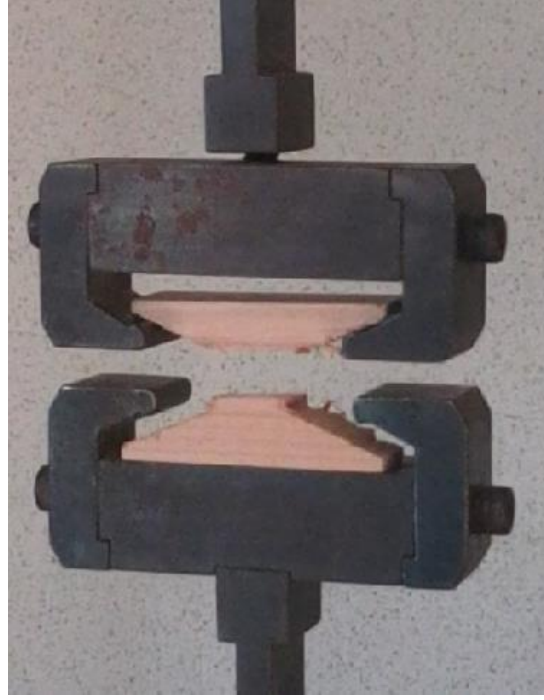
Eşitlikte;

σ_z : Liflere dik çekme direnci, (N/mm²)

R : Rutubet, (%)

σ_w : R rutubetinde dinamik eğilme direnci (kN)

α : Düzeltme faktörü, (0.015).



Şekil 2.24. Liflere dik çekme direnci deneyi.

2.2.5. Teknolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Isıl işlemin teknolojik özelliklerden Janka sertlik değeri üzerine etkisi KÖ'ne göre İİGTÖ'den elde edilen bulguların karşılaştırması ile belirlenmiştir.

2.2.5.1. Janka Sertlik

Janka sertlik, TS 2479/1976 esaslarına göre tespit edilmiştir. Her bir varyasyon için 50x50x50 mm boyutlarında 32'er adet olmak toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır (TS CEN/TS 15679/2010). Hazırlanan deney örnekleri klima odasında $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nemde 2 ay bekletildikten sonra 6 mm/dakika hızla hareket eden çelik küre ile deney parçasının radyal, teğetsel ve enine kesit yüzeylerinin merkez eksenleri üzerinde, çelik kürenin yarıçapına (5,64 mm) eşit olan derinlikte bir oyuk açılmak sureti ile sertlik belirleme deneyi yapılmıştır (Şekil 2.25). Deneyden önce örneklerin ağırlıkları 0,01 gr hassas precisa marka terazide tartılmış ve janka Sertlik (H_{wc});

$$H_{wc} = K \times P \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.18)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada,

H_{wc} : Janka sertlik değeri, (N/mm²)

- P : Yükleme ucunun deney parçasının içerisinde belirli derinliğe girmesi sırasındaki yük, (N)
- K : Çelik kürenin 5,64 mm derinliğe girmesi halinde kullanılan, değeri 1 olan katsayı.



Şekil 2.25. Janka sertlik deneyi (Aytin 2012).

Deney örneklerinin rutubetleri TS 2471(2476)'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan KÖ için, janka sertlik değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında (2.19) nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$H_{12} = H_{w_c} \times (1 + \alpha \times (R - 12)) \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.19)$$

Eşitlikte;

H_{12} : Hava kurusu rutubette Janka sertlik, (N/mm²)

R : Rutubet

H_{w_c} : R rutubetinde Janka sertlik, (kN)

α : Düzeltme faktörü, (enine kesit sertlik için 0,04, yan kesit sertlik için 0,025).

2.2.6. Değişim Oranlarının Hesaplanması

Başlangıç değerleri ile son değerler arasındaki değişim oranlarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (2.20);

$$D_o = \frac{K_{\ddot{o}} - S_{\ddot{o}}}{K_{\ddot{o}}} \times 100 \text{ (\% değişim)} \quad (2.20)$$

D_o : Değişim oranı (%)

$K_{\ddot{o}}$: Kontrol ölçümü değeri (değişimin hesaplanmasına esas teşkil eden ilk ölçüm)

$S_{\ddot{o}}$: Son ölçüm değeri

2.2.7. Verilerin İstatistik Değerlendirmesi

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizine, anlamlı bulunan faktörler üzerinde farklılığın boyutunu belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur.

3. BULGULAR VE İRDELEME

Her bir deneysel çalışmadan elde edilen verilere ait bulgular üç çizelge ile aşağıdaki sıralamaya göre verilmiştir;

1. İstatistikler çizelgesi: Isıl işlem varyasyonu, aritmetik ortalama, standart sapma, en düşük ve en yüksek değerleri içermektedir.
2. Varyans analizi çizelgesi: Basit varyans analizi sonuçları(BVA)'nı içermektedir.
3. Duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri çizelgesi: Duncan testi sonuçları ve doğal kontrol örneklerine göre değişimlere ait etkileşim değerleri $P \leq 0.05$ düzeyinde verilmiştir.

Varyasyonların ifadesinde ise şu kısaltmalar kullanılmıştır; KÖ: Kontrol örnekleri, 190 1:190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonu, 190 2: 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonu, 212 1: 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonu, 212 2: 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonu.

3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME

3.1.1. Yoğunluk

3.1.1.1. Tam Kuru Yoğunluk

Yabani Kiraz odununda ısıl işlem uygulaması sonucu belirlenen tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.1'de birlikte verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (gr/cm ³)	SS	ED	EY
KÖ	-	0.568	0.071	0.48	0.74
190	1	0.532	0.043	0.45	0.64
190	2	0.529	0.063	0.42	0.65
212	1	0.505	0.025	0.46	0.56
212	2	0.484	0.023	0.44	0.53

T : Isıl işlem sıcaklığı (°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 32.

Yabani kiraz odununda, İİGTÖ ile KÖ tam kuru yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk KÖ'nde 0,568 (gr/cm³), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,484 (gr/cm³) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında tam kuru yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.126	4	0.032	12.933	0.000
Gruplar arası	0.379	155	0.002		
Toplam	0.505	159			

*) $P \leq 0.05$

Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ’nin tam kuru yoğunlukları ile KÖ’nin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0,05$) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve varyasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (gr/cm ³)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.568	a	KÖ - 190 1	*0.0353	190 1-212 1	0.0271
190	1	0.532	b	KÖ - 190 2	*0.0390	190 1-212 2	*0.0483
190	2	0.529	bc	KÖ - 212 1	*0.0624	190 2-212 1	0.0234
212	1	0.505	cd	KÖ - 212 2	*0.0840	190 2-212 2	*0.0446
212	2	0.484	d	190 1 -190 2	0.0036	212 1-212 2	0.0212

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu

Isıl işlem sonrası tam kuru yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren varyasyonları belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, KÖ ile tüm İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, İİGTÖ’nde 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat arasında fark belirlenmemiştir. Aynı şekilde 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat arasında, 212°C 1 ve 212°C 2 saat arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, tam kuru yoğunluk tüm İİGTÖ’nde KÖ’ne göre azalmış olup, KÖ’ne göre en fazla azalma 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 0,0840 (gr/cm³), en küçük ise 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde olmak üzere 0,0353 (gr/cm³) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3).

3.1.1.2. Hava Kuruşu Yoğunluk

Yabani Kiraz odununda ısıı işlem uygulaması sonucu belirlenen hava kuruşu yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler izelge 3.4’de birlikte verilmiştir.

Çizelge 3.4. Hava kuruşu yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (gr/cm ³)	SS	ED	EY	R
KÖ	-	0.612	0.048	0.51	0.71	11.35*
190	1	0.560	0.052	0.48	0.70	7.72
190	2	0.550	0.064	0.44	0.71	6.83
212	1	0.540	0.035	0.48	0.64	5.34
212	2	0.517	0.038	0.45	0.63	4.87

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Ölçüm anı rutubeti, Örnek Sayısı: 32 (*, Örneklerin hava kuruşu yoğunluk değeri % 12’ye ayarlanmıştır).

Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ hava kuruşu yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk KÖ’nde 0,612 (gr/cm³), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat İİGTÖ’nde 0,517 (gr/cm³) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında hava kuruşu yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları izelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Hava kuruşu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.160	4	0.040	16.557	0.000
Gruplar arası	0.375	155	0.00		
Toplam	0.535	159			

*) P≤0.05

Hava kuruşu yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre, farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ’nin hava kuruşu yoğunlukları ile KÖ’nin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak (P≤0,05) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve kombinasyonlar arasındaki etkileşim değerleri izelge 3.6’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (gr/cm ³)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.612	a	KÖ - 190 1	*0.0522	190 1-212 1	0.0197
190	1	0.560	b	KÖ - 190 2	*0.0625	190 1-212 2	*0.0432
190	2	0.550	b	KÖ - 212 1	*0.0719	190 2-212 1	0.0093
212	1	0.540	bc	KÖ - 212 2	*0.0954	190 2-212 2	0.0328
212	2	0.517	d	190 1 -190 2	0.0103	212 1-212 2	0.0235

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Hava kurusu yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek uygulanan duncan testi sonuçlarına göre, KÖ ile İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu anlaşılmıştır.

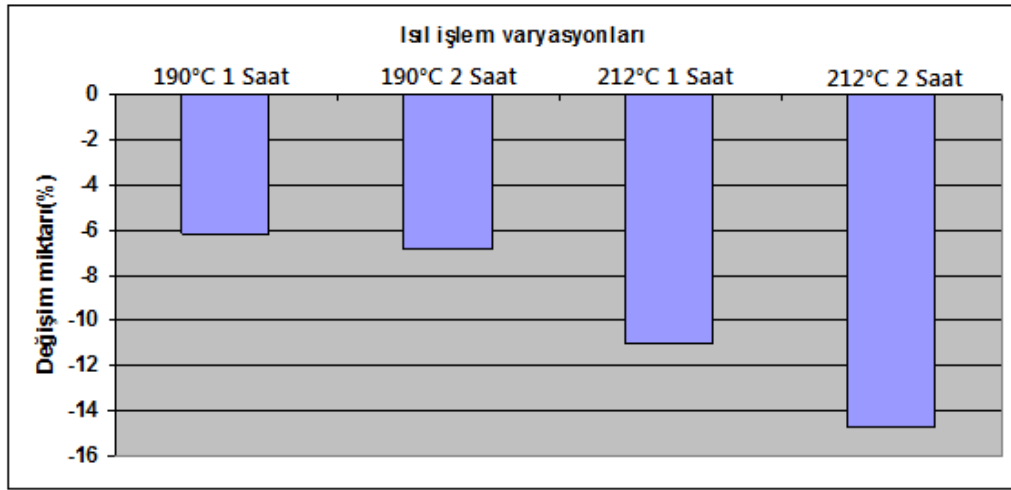
Ancak İİGTÖ'nde 190°C 1 saat, 190°C 2 saat ve 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonlarının arasında fark belirlenmemiştir.

Hava kurusu yoğunluk değerinde KÖ'ne göre en fazla azalma 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,0954 (gr/cm³), en küçük 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde olmak üzere 0,0522 (gr/cm³) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.6).

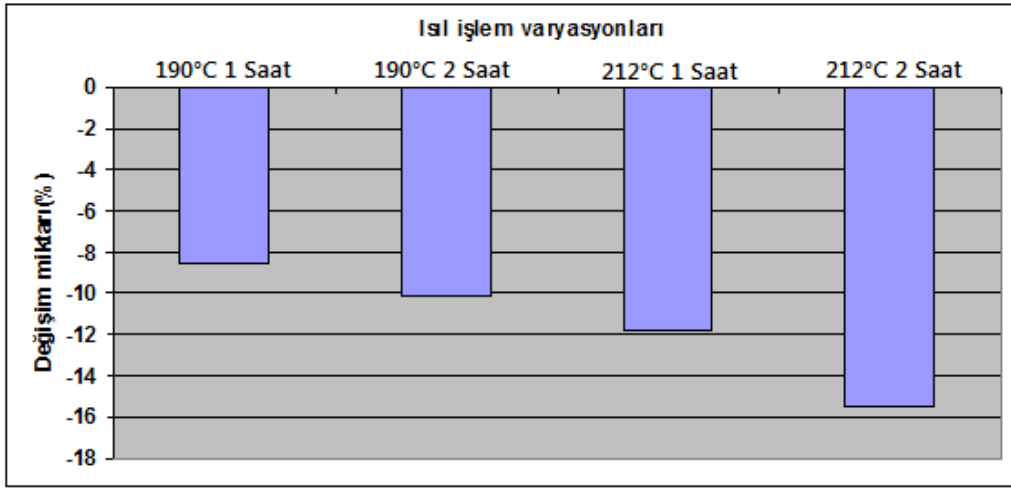
3.1.1.3. Yoğunluk İle İlgili İrdeleme

Isıl işlem, Yabani Kiraz odununda yoğunluğu azaltmıştır. Isıl işlem ile birlikte İİGTÖ'nde KÖ'ne göre en büyük değişim 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde sırası ile tam kuru ve hava kurusu yoğunlukta olmak üzere %14,71 ve %15,52 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Bu sonuçlara göre, ısıl işlem sıcaklığının yükselmesi ve süresinin uzamasına bağlı olarak tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değerlerinde azalma meydana geldiği, yoğunluktaki azalma miktarı üzerine hem ısıl işlem sıcaklığının hem de süresinin etkili olduğu anlaşılmıştır.

Literatürde, ısıl işlem uygulanmış çeşitli ağaç türlerinin yoğunluklarında azalma meydana geldiği yönünde çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Güller (2012), karaçam odununun yoğunluğu üzerine ısıl işlemin etkisini araştırdığı çalışmasında sıcaklık ve süre arttıkça yoğunluğun %2,57 ile %12,6 arasında azaldığını belirlemiştir. Todorovic ve diğ. (2012), üç farklı sıcaklıkta ısıl işlem uyguladıkları kayın odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, sıcaklığın artırılmasının yoğunluğun azalmasında önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 3.1. Tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).



Şekil 3.2. Hava kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Çalıova (2011), ısııl işleme tabi tuttuğu ladin ve kızılalağaç odunları İİGTÖ'nde hava kuru yoğunluğun kontrol örneklerine göre azaldığını, her iki ağaç türünde de en yüksek azalmanın ısııl işlemde kullanılan en yüksek sıcaklık değeri olan 212°C sıcaklıkta gerçekleştiğini ifade etmiştir. Bu sıcaklıkta, İİGTÖ'nde KÖ'ne göre kızılalağaç odununda %5,59, ladin odununda %4,70 oranında azalma bulmuştur.

Sefil (2010), Doğu kayını ve Uludağ göknarına ısııl işlem uygulamış olduğu çalışmasında ısııl işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak hava kuru yoğunluk değerlerindeki azalma oranlarında artış kaydettiğini bildirmiştir. Her iki ağaç türüne ait en fazla yoğunluk azalmasının 212°C'de, göknar odununda %6,17 ve kayın odununda %6,4 olarak gerçekleştiğini kaydetmiştir.

Altınok ve diğ. (2010), Ateş ve diğ. (2009), Korkut ve Bektaş (2008), Karakaş (2008), Korkut ve Güller (2008) çalışmalarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Isıl işlem sonrası ağaç malzeme yoğunluğunun azalması hakkında çeşitli görüşler bulunmaktadır. Boonstra (2008) ısıtma işlem sonrasında yoğunlukta meydana gelen azalmanın sebepleri olarak, hücre çeper bileşenlerinde meydana gelen kayıplar, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıtma işlem uygulaması sonrası odunun daha düşük denge rutubeti içeriğine sahip olmasını göstermektedir.

Isıl işlemin ağaç malzeme kimyasal yapısı üzerine etkisini konu alan pek çok çalışmada, ısıtma işlem sonrasında kütle kayıplarının önemli boyutlara ulaştığı görülmektedir. Tozluoğlu ve diğ. (2013), çalışmalarında 212°C sıcaklıkta 1,5 ve 2,5 saat süre ile ısıtma işlem uygulanmış Yabani Kiraz örneklerinde sırası ile %13,171 ve %20,530 ağırlık kaybı meydana geldiğini, hava kurusu yoğunluğunun ise kontrol örneklerine göre sırası ile %19,86 ve %20,49 azaldığını bildirmişlerdir.

Gonzalez Pena M.M. ve diğ. (2009), çalışmalarında ısıtma işleminin odununda ağırlık kaybına yol açtığını belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, kayın odununda 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıtma işlem sonucu %0,3 olan ağırlık kaybının 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıtma işlemde %24,5'lere kadar, sarıçamda 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıtma işlem sonucu %0,6 olan ağırlık kaybının 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıtma işlemde %14'lere kadar, ladinde 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıtma işlem sonucu %1,1 olan ağırlık kaybının 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıtma işlemde %15,4'lere kadar yükseldiği ifade edilmiştir. Bu sonuç sıcaklık ve sürenin artırılması ile ağaç malzemedeki kütle kayıplarında artacağını dolayısıyla yoğunlukta azalma meydana geleceğini ortaya koymaktadır.

Niemz ve diğ. (2010), ısıtma işlem görmüş denge rutubeti içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Li ve diğ. (2011)'de çalışmalarında ısıtma işlem ile birlikte nem içeriğinin düşmekte olduğunu belirtmişlerdir. Borrega (2011) çalışmasında benzer sonuca işaret etmekte, termal degradasyon sonucunda odununda kütle kaybı meydana geldiğini belirtmektedir.

Isıl işlem sonrasında Yabani Kiraz(*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda tam kuru ve hava kurusu yoğunluğunun azalmasının nedenleri literatür bilgisi ve test örneklerinin sahip olduğu denge rutubet içeriğine göre şu şekilde açıklanabilir;

- Isıl işlem sonrası hücre çeperi ana bileşenlerindeki değişim ve azalmadan dolayı meydana gelen ağırlık kayıpları.
- Isıl işlem sonrası odunun daha düşük denge rutubeti içeriğine sahip olması.

3.1.2. Daralma-Genişleme

3.1.2.1. Daralma

Yabani Kiraz odununda ısıl işlem sonrasında İİGTÖ ile KÖ'nde belirlenen daralma miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X} (%)	SS	ED	EY
Hacimce	KÖ	-	12.94	1.35	11.39	15.51
	190	1	12.25	0.91	10.44	13.74
	190	2	10.94	2.1	4.53	14.50
	212	1	8.54	1.49	6.37	12.71
	212	2	7.23	1.12	5.14	9.45
Teğet yön	KÖ	-	7.43	0.67	6.22	9.14
	190	1	7.31	1.00	4.66	9.46
	190	2	6.52	1.33	1.90	9.39
	212	1	5.08	1.02	3.49	8.25
	212	2	4.20	1.00	2.00	5.85
Radyal yön	KÖ	-	5.52	0.76	4.19	6.80
	190	1	4.89	1.37	1.93	7.97
	190	2	4.33	1.20	0.80	5.95
	212	1	3.29	1.06	2.05	6.08
	212	2	2.82	0.57	1.84	4.42

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama , SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı :25.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 3.7), Yabani Kiraz(*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda ısıl işlem sonrası İİGTÖ ile KÖ'nin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları KÖ'nde sırası ile hacimce, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %12,94, %7,43 ve %5,52, en düşük daralma miktarları İİGTÖ 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimce, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %7,23, %4,20 ve %2,82 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında daralma miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Daralma miktarı üzerine ısı işlemin etkisine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Hacimce	Gruplar arası	590.270	4	147.568	73.265	0.000
	Gruplar içi	241.700	120	2.014		
	Toplam	831.970	124			
Teğet yön	Gruplar arası	201.341	4	50.335	47.325	0.000
	Gruplar içi	127.633	120	1.064		
	Toplam	328.973	124			
Radyal yön	Gruplar arası	124.002	4	31.001	28.840	0.000
	Gruplar içi	128.990	120	1.075		
	Toplam	252.992	124			

*) $P \leq 0.05$

Daralma yüzdeleri BVA sonuçlarına göre farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X} (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimce	KÖ	-	12.94	a	KÖ - 190 1	0.6867	190 1-212 1	*3.7045
	190	1	12.25	a	KÖ - 190 2	*1.9971	190 1-212 2	*5.0161
	190	2	10.94	b	KÖ - 212 1	*4.3912	190 2-212 1	*2.3941
	212	1	8.54	c	KÖ - 212 2	*5.7028	190 2-212 2	*3.7057
	212	2	7.23	d	190 1-190 2	*1.3103	212 1-212 2	*1.3116
Teğet Yön	KÖ	-	7.43	a	KÖ - 190 1	0.1234	190 1-212 1	*2.2275
	190	1	7.31	a	KÖ - 190 2	*0.9125	190 1-212 2	*3.1071
	190	2	6.52	b	KÖ - 212 1	*2.3510	190 2-212 1	*1.4384
	212	1	5.08	c	KÖ - 212 2	*3.2306	190 2-212 2	*2.3181
	212	2	4.20	d	190 1-190 2	*0.7890	212 1-212 2	*0.8796
Radyal Yön	KÖ	-	5.52	a	KÖ - 190 1	0.6236	190 1-212 1	*1.6019
	190	1	4.89	b	KÖ - 190 2	*1.1900	190 1-212 2	*2.0745
	190	2	4.33	b	KÖ - 212 1	*2.2256	190 2-212 1	*1.0355
	212	1	3.29	c	KÖ - 212 2	*2.6982	190 2-212 2	*1.5082
	212	2	2.82	c	190 1-190 2	0.5663	212 1-212 2	0.4726

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre hacimce ve teğet yön daralma miktarlarında KÖ ile 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ arasında, radyal daralma miktarlarında ise hem 190°C 1 ve 2 saat, hem de 212°C 1 ve 2 saat İİGTÖ’nin kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunmazken diğer varyasyonlar arasında farklılıklar bulunmaktadır.

KÖ'ne göre daralma miktarındaki azalma en fazla 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'de sırası ile hacimce, teğet yön ve radyal yönlerde olmak üzere 5,7028(%44,06), 3,2306(%43,48) ve 2,6982(%48,88), en küçük 190°C sıcaklık ve 1 saat ısı işlem görmüş varyasyonda ise 0,6867(%5,30), 0,1234(%1.66), 0,6236(%11,28) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.9).

3.1.2.2. Genişleme

Yabani Kiraz odununda ısı işlem sonrasında İİGTÖ ile DKÖ'nde belirlenen genişleme miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.10'de verilmiştir.

Çizelge 3.10. Genişleme değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X} (%)	SS	ED	EY
Hacimce	KÖ	-	13.92	1.10	11.73	16.09
	190	1	12.28	2.28	8.05	17.85
	190	2	10.27	1.56	6.80	12.93
	212	1	7.04	1.33	4.75	10.03
	212	2	6.36	2.01	1.44	11.59
Teğet yön	KÖ	-	8.00	1.12	4.54	9.47
	190	1	7.30	1.59	3.39	9.72
	190	2	5.61	1.13	3.56	7.63
	212	1	4.11	1.31	0.34	6.74
	212	2	3.90	1.67	0.75	9.02
Radyal yön	KÖ	-	4.91	1.31	2.98	7.44
	190	1	3.62	0.64	2.63	5.06
	190	2	3.60	1.23	1.76	6.04
	212	1	2.05	1.22	1.07	7.23
	212	2	1.62	0.56	0.01	2.59

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre (Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama , SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 25.

Yabani Kiraz odunu İİGTÖ ile KÖ'nin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları KÖ'nde sırası ile hacimce, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %13,92, %8,00 ve %4,91, en düşük genişleme miktarları İİGTÖ 212°C ve 2 saat ısı işlem görmüş varyasyonda sırası ile hacimce, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %6,36, %3,90 ve %1,62 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.10).

Isıl işlem sonrasında genişleme miktarları arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Genişleme miktarı üzerine ısı işlemin etkisine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Hacimce	Gruplar arası	1066.844	4	266.711	90.555	0.000
	Gruplar içi	353.436	120	2.945		
	Toplam	1420.280	124			
Teğet yön	Gruplar arası	177.105	4	40.298	40.298	0.000
	Gruplar içi	131.847	120	1.099		
	Toplam	308.952	124			
Radyal yön	Gruplar arası	338.767	4	84.692	43.855	0.000
	Gruplar içi	231.739	120	1.931		
	Toplam	570.506	124			

*) $P \leq 0.05$

Yabani Kiraz odununun genişleme yüzdelerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre genişleme yüzdeleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Genişleme miktarları arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12. Genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X} (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimce	KÖ	-	13.92	a	KÖ - 190 1	*1.6416	190 1-212 1	*5.2446
	190	1	12.28	b	KÖ - 190 2	*3.6516	190 1-212 2	*5.9184
	190	2	10.27	c	KÖ - 212 1	*6.8862	190 2-212 1	*3.2346
	212	1	7.04	d	KÖ - 212 2	*7.5600	190 2-212 2	*3.9084
	212	2	6.36	d	190 1 -190 2	*2.0099	212 1-212 2	0.6738
Teğet Yön	KÖ	-	8.00	a	KÖ - 190 1	0.7002	190 1-212 1	*3.1831
	190	1	7.30	a	KÖ - 190 2	*2.3821	190 1-212 2	*3.3958
	190	2	5.61	b	KÖ - 212 1	*3.8834	190 2-212 1	*1.5012
	212	1	4.11	c	KÖ - 212 2	*4.0961	190 2-212 2	*1.7139
	212	2	3.90	c	190 1 -190 2	*1.6819	212 1-212 2	0.2126
Radyal Yön	KÖ	-	4.91	a	KÖ - 190 1	*1.2949	190 1-212 1	*1.5718
	190	1	3.62	b	KÖ - 190 2	*1.3167	190 1-212 2	*1.9976
	190	2	3.60	b	KÖ - 212 1	*2.8668	190 2-212 1	*1.5500
	212	1	2.05	c	KÖ - 212 2	*3.2926	190 2-212 2	*1.9758
	212	2	1.62	c	190 1 -190 2	0.0218	212 1-212 2	0.4258

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre hacimce, teğet yön ve radyal yön genişleme miktarlarının tümünde İİGTÖ ile KÖ arasında, teğet yön 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonu hariç istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Hacimce, teğet yön ve radyal yön genişleme miktarlarının 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat İİGTÖ arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiş olup, aynı şekilde radyal yönde 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat varyasyonları arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

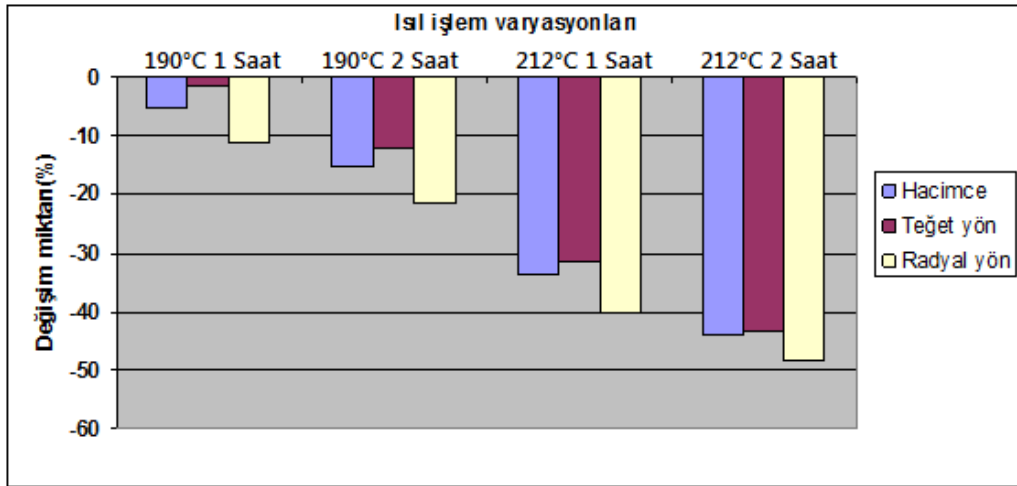
Genişleme miktarındaki azalma; en fazla 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'de sırası ile hacimce, teğet yön ve radyal yönlerde olmak üzere 7,56(%54,31), 4,0961(%51,52) ve 3,2926(%67,00), en düşük 190°C sıcaklık ve 1 saat ısıtma işlemi görmüş varyasyonda 1,6416(%11,78), 0,7002(%8,75) ve 1,2949(%25,43) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3,12).

3.1.2.3. Daralma ve Genişleme İle İlgili İrdeleme

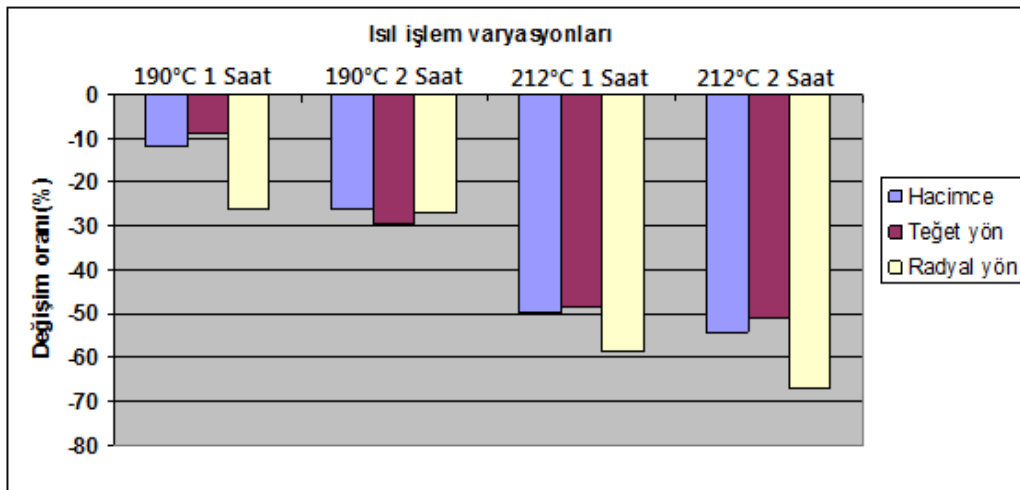
ThermoWood metodu ile ısıtma işlemi uygulanmış Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda çalışma miktarı hem daralma hem de genişleme yönünden azalmıştır. Hacimce, teğet ve radyal yönlerdeki daralma miktarlarının DKÖ'ne göre azalmasının ısıtma işlemi sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değiştiği, ısıtma işlemi uygulanan sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça daha düşük daralma miktarları elde edilmiştir.

Isıtma işlemi sonrası İİGTÖ'nde KÖ'ne göre daralma ve genişleme miktarlarındaki değişimlere ısıtma işlemi sıcaklığı ve süresinin etkisi Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de verilmiştir. Buna göre en fazla değişim en yüksek sıcaklık ve uzun süre olan 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda gerçekleştiği, daralma miktarlarında kontrol örneklerine göre hacimce, teğet yön ve radyal yönde sırası ile olmak üzere %44, %43,48 ve 48,48, genişleme miktarlarında ile %54,31, %51,52 ve %67 oranında azalma olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre ısıtma işlemi sıcaklık arttıkça boyutsal stabilitenin gittikçe iyileştiği anlaşılmaktadır.

Bu sonuçlar ısıtma işlemi ile boyutsal stabilitede iyileşme sağlanabildiğini göstermesi bakımından önemlidir.



Şekil 3.3. Daralma miktarlarındaki değişim (%).



Şekil 3.4. Genişleme miktarlarındaki değişim (%).

Bak ve Nemeth (2012) değişik sıcaklıklarda (160°C'den 200°C sıcaklığa kadar) ısıl işlemin kavak odununun boyutsal değişimine etkisini inceledikleri çalışmalarında, ısıl işlemin boyutsal stabiliteyi önemli miktarda iyileştirdiğini bulmuşlardır. Çalışma sonucunda en etkili sonucun 200°C sıcaklık derecesinde elde edildiğini, doğru bir uygulama süresi ile daha düşük sıcaklıklarda da aynı sonuçlara ulaşılabileceğini belirtmişlerdir. Çalıova (2011), kızılgağaç ve doğu ladini odunlarında ısıl işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak daralma yüzdelerindeki azalma oranlarında da artış olduğunu, en düşük azalma oranının 190°C sıcaklıkta kızılgağaçta %19,80, ladinde %20,31, en yüksek azalma oranı ise 212°C'de kızılgağaçta %53,47, ladinde ise %48,08 şeklinde gerçekleştiğini belirtmiştir. Poncsak ve diğ. (2011), ısıl işlem sıcaklığının yükseltilmesinin boyutsal stabilitenin artmasına katkıda bulunacağını vurgulamışlardır.

Korkut ve Budakçı (2010) 180°C ve 10 saat ısıtım uyguladıkları Dişbudak Yapraklı Üvez (*Sorbus aucuparia* L.) ağacında genişlemenin radyal, teğet ve boyuna yönlerde sırası ile %25,68, %25,10 ve %26,08 azaldığını belirtmişlerdir. Altınok ve diğ.(2010), ısıtım uygulanmış karaçam (*Pinus nigra var. pallasiana*) ve dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) odunlarında hacimsel daralma ve genişlemenin azaldığını ifade etmişlerdir.

Li ve diğ. (2011), douglas (*Pseudotsuga menziesii*) odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisini araştırmak üzere odun örneklerini 160,180, 200 ve 220° sıcaklıklarda 1, 2, 3 and 4 saat süre ile işleme tabi tuttukları çalışma sonuçlarına göre boyutsal stabilitenin arttığını, sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça daha düşük değerlerin elde edildiğini, hacimce genişlemedeki azalma miktarının arttığını, ısıtım görmemiş oduna göre denge rutubeti içeriğinin %42.63, su absorpsiyonunun %34,93 ve hacimce genişlemenin %67,47 azaldığını bulmuşlardır.

Isıtım işlemi ile birlikte ağaç malzemesinde boyutsal stabilitenin iyileştiği Güller (2012), Sefil (2010), Tuong ve Li (2010), Dubey ve diğ. (2010), Esteves ve diğ. (2009), Ateş ve diğ. (2009), Özçifçi ve diğ. (2009), Korkut ve Bektaş (2008), Bekhta and Niemz (2005) ve Yıldız (2002) tarafından da ifade edilmiştir.

Isıtım işlemi uygulaması sonucu ağaç malzemenin kimyasal ve fiziksel yapısında bir çok kalıcı değişiklik meydana gelmekte olup, değişikliklerin temel nedeni olarak hemiselülozların termik bozunması gösterilmektedir. Hemiselülozların bozunmasının odunda suyu tutan hidroksil gruplarının azalmasına dolayısı ile normal kurutulmuş yumuşak oduna göre ısıtım uygulanmış odunda boyutsal stabilitenin iyileşmesine neden olduğu bildirilmektedir (Thermowood Handbook 2003).

Boonstra (2008), ısıtım sırasında hemiselüloz yapısında meydana gelen değişimler ve onun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidroliz olması sonucu boyutsal stabilitenin arttığını ve denge rutubeti miktarının azaldığını bildirmektedir. Ayrıca sıcaklık arttıkça rutubet içeriğinin odun bileşenlerinin depolimerizasyonu işlemini kuvvetlice katalize etmekte olduğunu belirtmektedir. Johansson (2008), odunun su alışverişinde odun karbonhidratlarındaki serbest hidroksil gruplarının önemli rol oynadığını, özellikle hemiselülozlardaki yan zincirlerin varlığı ile hemiselüloz yapısının yüksek oranda amorf olduğunu, bu durumun odundaki suyun çoğunun hemiselüloza bağlanmasının temel nedenini teşkil ettiğine işaret etmektedir.

Kocaefe ve diğ., (2008)'e göre, ligninin plastikleşmesi ve odunun lignoselülozik polimerik bileşiklerinin yeniden yapılanması ısı işlem uygulanmış odunun artan hidrofobik karakteristiğini açıklayan diğer bir görüş olarak ortaya çıkmaktadır.

Tjeerdsma ve diğ. (1998), ısı işlem sonrasında denge rutubetinin azalması ile lignin çapraz bağlanmasının boyutsal stabiliteyi iyileştirdiğini, boyutsal stabilitedeki iyileşmeye lignin çapraz bağlanmasındaki artış ile birlikte molekülleri daha az elastik yapması, kristal selülozün nisbi artışı ve selüloz moleküllerinin daha az genişlemesi ile daha az su absorbe etmesinin sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Yabani kiraz odununda ısı işlem sonrası boyutsal stabilitede iyileşme görülmüş olup, literatür bilgisi ve örneklerin denge rutubeti içeriğine göre iyileşmenin şu sebeplerden ileri geldiği söylenebilir;

- Hemiselülozdaki değişim boyutsal stabilitedeki iyileşmeden doğrudan sorumludur. Isıl işlemde en fazla etkilenen bileşen hemiselüloz olup, ısı işlemle meydana gelen ağırlık kayıplarından öncelikle hemiselülozlarda meydana gelen değişim ve azalmanın sorumlu olduğu anlaşılmaktadır. Odunun en higroskopik bileşiği olan hemiselülozun miktarındaki azalma, odunda suyun tutunacak olduğu serbest hidroksil gruplarında önemli oranda azalmaya sebep vermektedir.
- Ligninin çapraz bağlanması.
- Ligninin plastikleşmesi ve hidrofobik karakterinin artması.
- Düşük denge rutubeti içeriği odunun çalışmasını azaltan temel sebeplerdir.
- Selülozun kristalleşme derecesindeki artış ve amorf kısımların azalması.

3.1.3. Isı İletkenliği

Yabani Kiraz odununda KÖ'ne göre İİGTÖ'nde teğet ve radyal yönlerde belirlenen ısı iletkenliği katsayısı (λ) değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.13'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, radyal yönde λ en fazla KÖ'nde 0,1470 (W/m.K), en az 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,1146 (W/m.K) olarak belirlenmiştir.

Teğet yönde λ en fazla KÖ'nde 0,1401 (W/m.K), en az 212°C ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,1046 (W/m.K) olarak belirlenmiştir

Çizelge 3.13. Isı iletkenliği katsayısına ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X} (W/m.K)	SS	ED	EY	R
Radyal Yön	KÖ	-	0.1470	0.0054	0.14	0.16	11.57
	190	1	0.1282	0.0021	0.13	0.13	7.82
	190	2	0.1257	0.0061	0.12	0.14	7.15
	212	1	0.1156	0.0018	0.11	0.12	5.63
	212	2	0.1146	0.0014	0.11	0.12	4,96
Teğet Yön	KÖ	-	0.1401	0.0038	0.14	0.15	11.65
	190	1	0.1224	0.0031	0.12	0.13	7.48
	190	2	0.1193	0.0027	0.11	0.12	6.82
	212	1	0.1152	0.0041	0.11	0.12	5.37
	212	2	0.1093	0.0033	0.11	0.11	4.86

T: Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 10

Isıl işlem sonrasında ısı iletkenliği değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Isı iletkenliği katsayısı değerlerine ait BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Teğet Yön	Gruplar arası	0.005	4	0.001	110,32	0.000
	Gruplar içi	0.001	45	0.000		
	Toplam	0.006	49			
Radyal Yön	Gruplar arası	0.007	4	0.002	111,14	0.000
	Gruplar içi	0.001	45	0.000		
	Toplam	0.008	49			

*) $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre İİGTÖ ile KÖ arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyona ait etkileşim değerleri Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15. Isı iletkenliği katsayısına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X} (W/m.K)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Radyal Yön	KÖ	-	0.1470	a	KÖ - 190 1	*0.0187	190 1-212 1	*0.0126
	190	1	0.1282	b	KÖ - 190 2	*0.0213	190 1-212 2	*0.0136
	190	2	0.1257	b	KÖ - 212 1	*0.0313	190 2-212 1	*0.0100
	212	1	0.1156	c	KÖ - 212 2	*0.0323	190 2-212 2	*0.0110
	212	2	0.1146	c	190 1 -190 2	0.0025	212 1-212 2	0.0009

Çizelge 3.15. (devam) Isı iletkenliği katsayısına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Teğet Yön	KÖ	-	0.1401	a	KÖ - 190 1	*0.0177	190 1-212 1	*0.0071
	190	1	0.1224	b	KÖ - 190 2	*0.0208	190 1-212 2	*0.0130
	190	2	0.1193	b	KÖ - 212 1	*0.0249	190 2-212 1	*0.0041
	212	1	0.1152	c	KÖ - 212 2	*0.0308	190 2-212 2	*0.0100
	212	2	0.1093	d	190 1 -190 2	0.0004	212 1-212 2	*0.0058

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Yabani Kiraz odununda radyal ve teğet yönde λ değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, KÖ ile tüm İİGTÖ arasındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

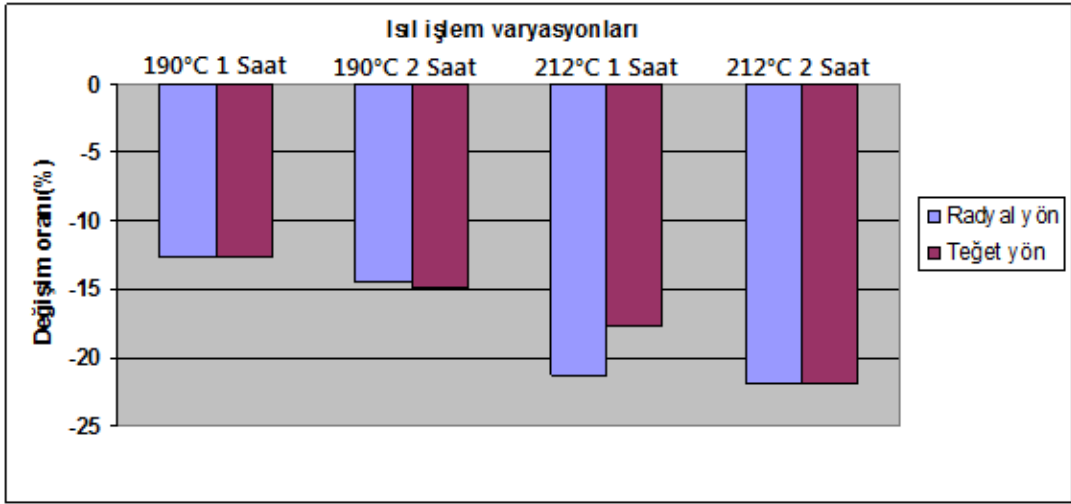
Radyal yönde λ değerlerine göre 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat, 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat İİGTÖ kendi içlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Aynı şekilde teğet yönde 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat İİGTÖ λ arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Etkileşim değerlerine göre, İİGTÖ’de KÖ’ne göre değişim (azalma) her iki yönde de en fazla İİGTÖ’nde 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda sırası ile radyal ve teğet yönde olmak üzere 0,0323 (W/m.K) ve 0,0308(W/m.K), en küçük İİGTÖ’nde 190°C 1 saat varyasyonunda sırası ile radyal ve teğet yönde olmak üzere 0,0126 (W/m.K) ve 0,0071 (W/m.K) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.15).

Isıl işlem uygulama şartlarındaki değişikliklere göre İİGTÖ λ değerlerinin KÖ’ne göre oransal değişimi Şekil 3.5’de verilmiştir. Şekil 3.5’e göre λ hem radyal hem de teğet yönde ısıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişmiş, ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ve süresi uzadıkça λ azalmıştır.

En yüksek azalma oranı her iki yönde de 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’de olmak üzere radyal yönde %22,04, teğet yönde %21,98 olarak tespit edilmiştir. Isı iletkenliği katsayısı değeri radyal yönde teğet yöne göre yaklaşık %4-5 arasında daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 3.13).

Elde edilen sonuçlara göre ısıl işlem görmüş Yabani Kiraz odununda ısı iletkenliği değişimi üzerine sıcaklık, süre ve lif yönü etkili olmuştur.



Şekil 3.5. Isı iletkenliği katsayısında ısıl işlem ile meydana gelen değişim (%).

Bu sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermekte olup Çaliova (2011), Şahin Kol ve Sefil (2011), Sefil (2010) çalışmalarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Isıl işlemin ısı iletkenliğini azaltması ısıl işlem sonrası odunda meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişimlere atfedilmektedir. Bozkurt ve Göker (1987) odunda ısı iletkenliği üzerine özgül ağırlık, rutubet içeriği ve liflerin diziliş yönü önemli etki yaptığını, özgül ağırlık ve rutubet miktarı azaldıkça ısı iletkenliğinin de azaldığını belirtmektedirler.

Zhou ve diğ. (2013) çalışmalarında ısıl işlem görmüş ağaç örneklerinde denge rutubeti içeriğinin ısıl işlem görmemiş örneklere göre %23,4 ile %37,4 arasında azaldığını tespit etmişlerdir. Sefil (2010), çalışmasında ısıl işlemin odunun DRM'nı %48 kadar azalttığını, aynı odun örneklerinde özgül ağırlığın önemli oranda düştüğünü belirtmiş, radyal yöndeki ısı iletkenliğinin teğet yöndekine göre yüksek çıktığını bildirmiştir. Ayrıca iğne yapraklı ağaçlarda ısıl işlem görmüş odunun ısı iletkenliğinin kontrole kıyasla %20-25 azaldığını, bu nedenle ThermoWood'un ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında ideal olabileceğini belirtmektedir. Şahinkol (2009), Gu ve Hunt (2007) ısıl işlemin odunun ısı iletkenliğini önemli oranda azalttığını, çünkü ısıl işlem ile ağaç malzeme denge rutubeti miktarının azalmakta olduğunu, literatürde rutubet miktarı ile ısı iletkenliği arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve rutubet düştükçe ısı iletkenliğinin de düşeceğini bildirmişlerdir.

VTT tarafından ısı iletkenliği üzerine yapılan bir araştırmada, ısıl işlem uygulanmış odunda ısı iletkenliğinin düşmekte olduğu belirtilmektedir. Araştırmaya göre iğne

yapraklı ağaçlarda ısı işlem görmüş odunun ısı iletkenliği kontrole kıyasla %20-25 azalmıştır. Bu nedenle thermowood malzemenin ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında ideal olabileceği ifade edilmiştir (Thermowood Handbook 2003).

Yabani kiraz odununda λ değerinin ısı işlem sonrasında azalması, literatür bilgisi ve çalışmanın ısı iletkenliği ile ilgili ölçüm sonuçlarına göre şu şekilde açıklanabilir;

- Isıl işlem ile birlikte meydana gelen kütle kayıpları sonrasında oluşan daha boşluklu yapı ve yoğunlukta meydana gelen azalma.
- Denge rutubeti içeriğindeki azalma.
- Lif yönü.

3.1.4. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)

Yabani kiraz odununda ısı işlem ve yaşlandırma sonrası Ra değişimi ayrı ayrı incelenmiştir. İlk olarak KÖ'ne göre İİGTÖ'nin değişimi, ardından her bir ısı işlem varyasyonunun yaşlandırma safhalarının ardından DKÖ'ne göre Ra değerindeki değişim incelenmiştir.

3.1.4.1. Isıl İşlem Sonrası Ra

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ'ne ait Ra değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.16'de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Isıl işlem sonrası Ra değerleri istatistikler.

T	Z	\bar{X} (μm)	SS	ED	EY
KÖ	-	6.754	2.370	4.49	14.41
190	1	6.457	1.305	4.17	9.20
190	2	5.995	1.070	3.67	8.08
212	1	5.463	1.351	3.51	7.74
212	2	5.434	0.529	4.29	6.62

T: Isıl işlem sıcaklığı($^{\circ}\text{C}$), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 20.

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri en fazla KÖ'nde 6,754 (μm), en az İİGTÖ'nde 212 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 5,434 (μm) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında Ra değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Isıl işlem sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	27.683	4	6.921	3.271	0.015
Gruplar arası	201.002	95	2.116		
Toplam	228.684	99			

*) $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre Ra değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve etkileşim değerleri Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Isıl işlem sonrası Ra değeri duncan testi ve ilişkin etkileşim değerleri.

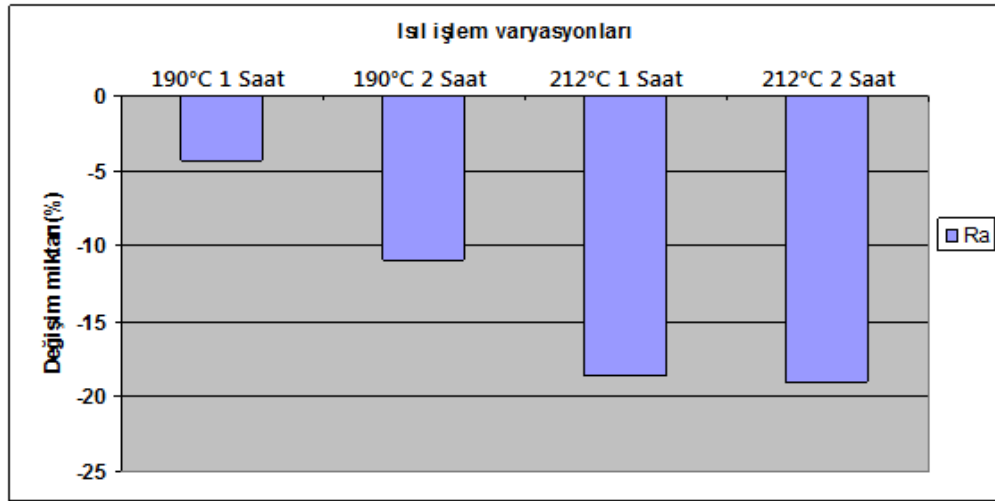
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (μm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	6.754	b	KÖ - 190 1	0.297	190 1-212 1	*0.994
190	1	6.457	b	KÖ - 190 2	0.759	190 1-212 2	*1.022
190	2	5.995	ab	KÖ - 212 1	*1.291	190 2-212 1	0.532
212	1	5.463	a	KÖ - 212 2	*1.320	190 2-212 2	0.560
212	2	5.434	a	190 1 -190 2	0.462	212 1-212 2	0.028

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat kombinasyonlarının Ra değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmadığı, İİGTÖ 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat kombinasyonlarının Ra değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu anlaşılmıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, İİGTÖ’nde KÖ’ne göre en büyük Ra değeri farkı 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1,320 (μm), en küçük 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 0,297 (μm) olarak gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yabani Kiraz odununda Ra değeri İİGTÖ’nde KÖ’ne göre değişiminde elde edilen sonuçlar Şekil 3.6’da oransal olarak verilmiştir. Bu sonuçlara göre Ra değerlerinin İİGTÖ’nde KÖ’nden daha küçük olduğu görülmektedir. Ayrıca ısıl işlem sıcaklığı artışı ve sürenin uzaması ile birlikte Ra değerinin azalmakta olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar ısıl işlem ile birlikte yüzey kalitesinde iyileşme elde edilebilecek olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.6. Isıl işlem sonrası Ra değışimi (%).

Literatürde ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemede yüzey kalitesinin iyileştiğini bildiren örnek çalışmalar bulunmaktadır. Sevim Korkut ve diğ. (2013), 2,5 saat ısıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda ortalama yüzey pürüzlülüğünün kontrol örneklerine göre %25,58 azaldığını ifade etmişlerdir. Bakar ve diğ.(2013) yaptıkları bir çalışmada yüksek sıcaklık uygulanmış örneklerde yüzey kalitesinin iyileştiğini belirterek bunun muhtemelen hücre çeperindeki biyokimyasal değışmelerden kaynaklanmış olabileceğini bildirmektedirler. Özcan ve diğ. (2012), sarıçam, doğu kayını, beyaz meşe ve uludağ göknarında ısıl işlem ve yüzey kabalığının yapıştırma direncine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ısıl işlemin tüm ağaç türlerinde yüzey kalitesini iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Dilik ve Hiziroğlu (2012) ısıl işlem uygulanmış *Juniperus virginiana* örneklerinde yüzey kalitesinin ısıl işlem ile birlikte iyileşmekte olduğunu belirtmektedirler. Kasemsiri ve diğ. (2012) 190°C sıcaklıkta 2 ve 8 saat ısıl işlem uygulanmış *Juniperus virginiana* örneklerinde Ra değeri sırası ile %5,90 ve %10,11 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Korkut ve Budakçı (2010), Korkut ve diğ. (2009), Unsal ve Ayrılmış (2005) çalışmalarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Yabani kiraz odununda ısıl işlem ile birlikte Ra değeri azalması literatür bilgisine göre yüzey düzgünlüğünün iyileşmesi şu nedenlerden kaynaklanmış olabilir;

- Higroskopik karakteri yüksek bileşenlerin ısıl işlemle birlikte önemli ölçüde uzaklaşması.

- Düşük denge rutubeti içeriği nedeni ile odun-su ilişkisinin kısıtlanması.
- Yüksek sıcaklıklarda ligninin plastikleşmesi ve kapalı bir yüzey teşkili.

3.1.4.2. Yaşlandırma Sonrası Ra

144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin bulgular

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ ile KÖ'ne ait Ra değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.19'de verilmiştir.

Çizelge 3.19. 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (μm)	SS	ED	EY
KÖ	-	10.371	2.273	7.50	16.08
190	1	8.154	0.731	6.85	9.89
190	2	8.352	1.308	6.52	11.67
212	1	8.987	1.520	6.59	11.96
212	2	9.257	0.755	8.12	10.53

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre (Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 20.

Yabani Kiraz odununda 144 yaşlandırma uygulaması sonrası Ra değeri en fazla KÖ'de 10,371 (μm), en düşük İİGTÖ'de 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 8,154 (μm) olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.20'de verilmiştir.

Çizelge 3.20. 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	61.566	4	15.391	7.473	0.000
Gruplar	195.662	95	2.060		
Toplam	257.222	99			

*) $P \leq 0.05$

Yabani Kiraz odununda 144 saat yaşlandırma uygulanmış İİGTÖ ve KÖ'nin Ra değerleri arasında Çizelge 3.20'a göre ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve etkileşim değerleri Çizelge 3.21’de verilmiştir.

Çizelge 3.21. 144 yaşlandırma sonrası duncan testi sonuçları ve Ra etkileşim değerleri.

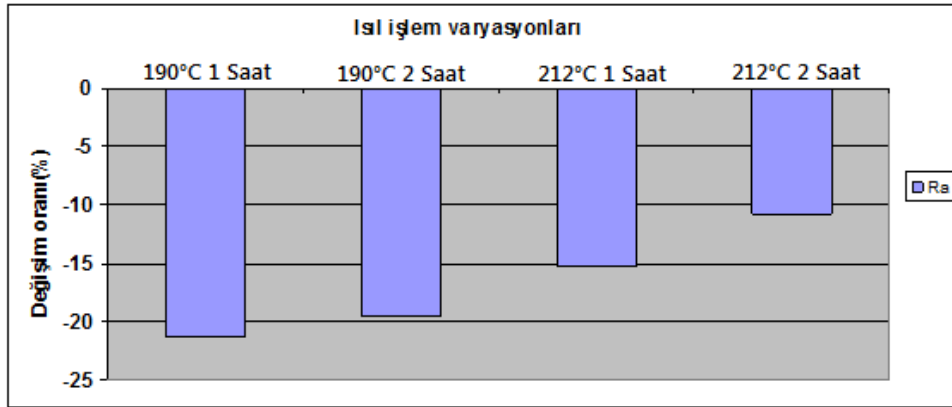
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (μm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	10.371	a	KÖ - 190 1	*2.217	190 1-212 1	-0.833
190	1	8.154	c	KÖ - 190 2	*2.018	190 1-212 2	-1.103
190	2	8.352	bc	KÖ - 212 1	*1.383	190 2-212 1	-0.635
212	1	8.987	bc	KÖ - 212 2	*1.113	190 2-212 2	-0.905
212	2	9.257	b	190 1 -190 2	-0.198	212 1-212 2	-0.270

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Yabani Kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ’nin tüm kombinasyonları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Yabani Kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ’nin KÖ’ne göre Ra değerlerindeki fark en büyük İİGTÖ 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 2,217 (μm), en küçük 212° 2 saat İİGTÖ’nde 1,113 (μm) olduğu tespit edilmiştir.

Ra değerinde 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ’nde KÖ’ne göre meydana gelen değişim oransal olarak Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. 144 saat yaşlandırma sonrası Ra değişimi (%).

288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin bulgular

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ ile KÖ’ne ait Ra değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.22’de verilmiştir.

Çizelge 3.22. 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler

T	Z	\bar{X} (μm)	SS	ED	EY
KÖ	-	15.48	4.515	9.44	24.51
190	1	10.74	2.178	8.44	17.66
190	2	9.31	1.336	7.04	13.49
212	1	9.40	1.631	6.28	14.47
212	2	11.13	3.473	8.05	18.62

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 20

288 saat yaşlandırma sonrası Ra değeri, en fazla KÖ'nde 15,487 (μm), en az İİGTÖ'nde 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 9,31 μm olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.23'de verilmiştir

Çizelge 3.23. 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	514.537	4	126.634	19.377	0.000
Gruplar	630.651	95	6.638		
Toplam	1145.188	99			

*) $P \leq 0.05$

Çizelge 3.22'e göre 288 saat yaşlandırma uygulanmış İİGTÖ ve KÖ'nin Ra değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Kombinasyonlar arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.24'de verilmiştir.

Çizelge 3.24. 288 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri.

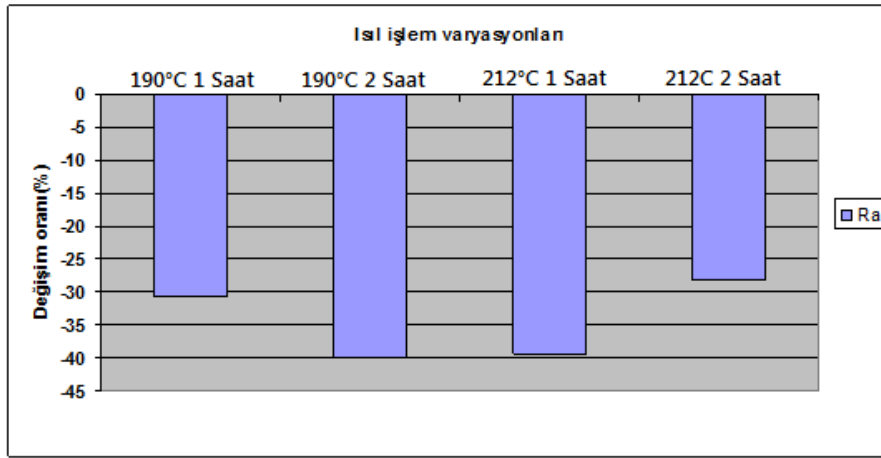
Duncan testi				Etkileşimler			
T	Z	\bar{X} (μm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	15.48	a	KÖ - 190 1	*4.740	190 1-212 1	1.340
190	1	10.74	b	KÖ - 190 2	*6.175	190 1-212 2	-0.384
190	2	9.31	b	KÖ - 212 1	*6.080	190 2-212 1	-0.095
212	1	9.40	b	KÖ - 212 2	*4.356	190 2-212 2	-1.819
212	2	11.13	b	190 1 -190 2	1.435	212 1-212 2	-1.724

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ'ne ait tüm kombinasyonlar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Yabani Kiraz odununda 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre Ra değerindeki değişim en fazla İİGTÖ'nin 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 6,175 (µm), en az 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 4,356 (µm) olarak belirlenmiştir.

Ortalama yüzey pürüzlülüğünde 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'nde KÖ'ne göre meydana gelen değişim oransal olarak Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. 288 saat yaşlandırma sonrası Ra değişimi (%).

576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ilişkin bulgular

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ ile KÖ'ne ait Ra değerlerine ilişkin istatistikler 3.25'de verilmiştir.

Çizelge 3.25. 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (µm)	SS	ED	EY
KÖ	-	16.695	3.015	11.34	22.10
190	1	10.490	1.491	8.25	14.08
190	2	11.848	1.783	8.03	14.71
212	1	10.911	1.543	8.18	13.81
212	2	10.232	1.228	7.74	12.48

T: Isıl işlem sıcaklığı (°C), Z: Süre (Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 20.

Elde edilen sonuçlara göre 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değeri, en fazla KÖ'nde 16,695 (μm), en az İİGTÖ'nde 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 10,232 (μm) olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.26'de verilmiştir.

Çizelge 3.26. 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	573.006	4	143.251	38.939	0.000
Gruplar arası	349.496	95	3.679		
Toplam	922.502	99			

*) $P \leq 0.05$

576 saat yaşlandırma uygulanmış İİGTÖ ve KÖ'nin Ra değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Kombinasyonlar arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.27'de verilmiştir.

Çizelge 3.27. 576 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri.

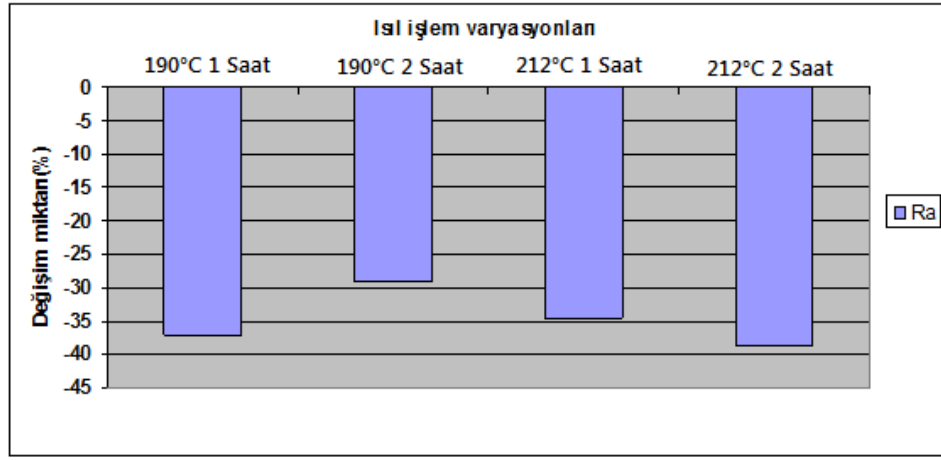
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (μm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	16.695	a	KÖ - 190 1	*6.202	190 1-212 1	-0.417
190	1	10.490	c	KÖ - 190 2	*4.848	190 1-212 2	0.261
190	2	11.848	b	KÖ - 212 1	*5.785	190 2-212 1	0.937
212	1	10.911	bc	KÖ - 212 2	*6.464	190 2-212 2	1.616
212	2	10.232	c	190 1 -190 2	-1.354	212 1-212 2	0.679

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

576 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ'ne ait tüm kombinasyonlar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Yabani Kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre Ra değerindeki değişim en fazla İİGTÖ'nin 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 6,464 (μm), en az 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 4,848 (μm) olarak belirlenmiştir .

Ortalama yüzey pürüzlülüğünde 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ’nde KÖ’ne göre meydana gelen değişim oransal olarak Şekil 3.9’de verilmiştir.



Şekil 3.9. 576 saat yaşlandırma sonrası Ra değişimi (%).

864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerlerine ait bulgular

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ ile KÖ’ne ait Ra değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.28. 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (μm)	SS	ED	EY
KÖ	-	17.612	1.505	15.13	21.17
190	1	10.226	2.309	7.17	17.58
190	2	11.249	1.537	8.69	13.89
212	1	11.166	1.405	8.92	14.81
212	2	10.038	1.065	7.67	12.33

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 20.

Çizelge 3.28’e göre 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değeri, en fazla KÖ’nde 17.612 (μm), en az İİGTÖ’nde 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 10.038 (μm) olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.29’de verilmiştir.

Çizelge 3.29. 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	794.656	4	198.664	75.964	0.000
Gruplar	248.448	95	2.615		
Toplam	1043.103	99			

*) $P \leq 0.05$

864 saat yaşlandırma uygulaması sonrası İİGTÖ ve KÖ'nin Ra değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Kombinasyonlar arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.30'de verilmiştir.

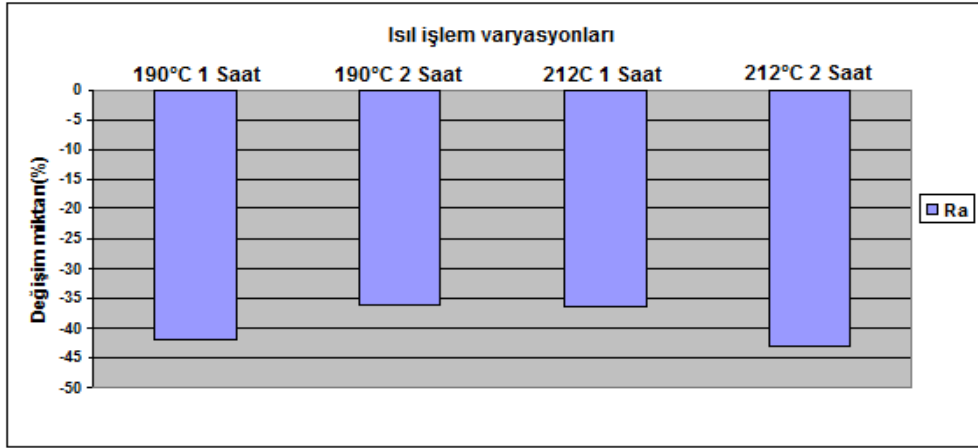
Çizelge 3.30. 864 saat yaşlandırma sonrası duncan testi ve Ra etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (μm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	17.612	c	KÖ - 190 1	*7.386	190 1-212 1	-0.940
190	1	10.226	ab	KÖ - 190 2	*6.363	190 1-212 2	0.188
190	2	11.249	b	KÖ - 212 1	*6.445	190 2-212 1	0.082
212	1	11.166	b	KÖ - 212 2	*7.574	190 2-212 2	1.211
212	2	10.038	a	190 1 -190 2	-1.023	212 1-212 2	1.128

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değerleri farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan KÖ ile İİGTÖ'ne ait tüm kombinasyonlar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

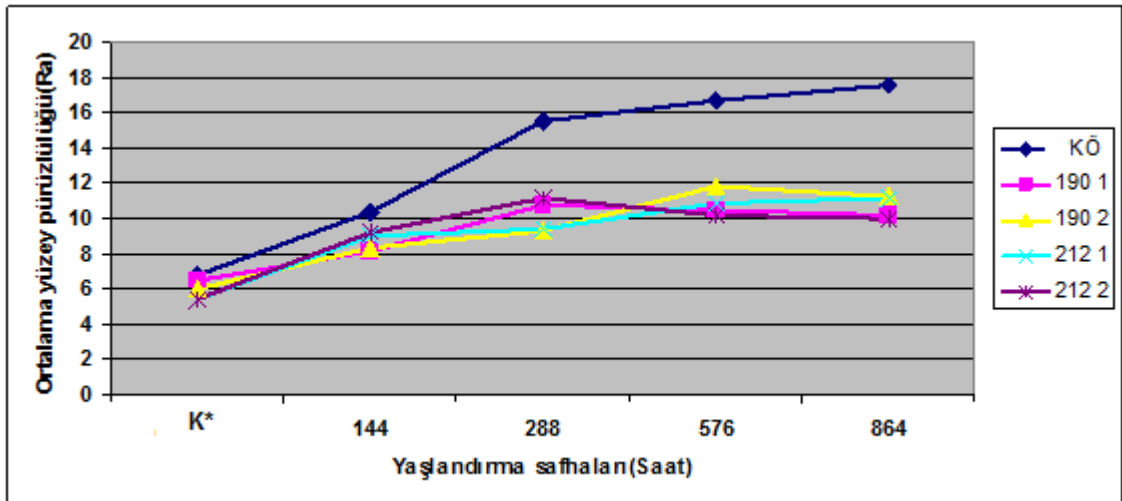
864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'nin KÖ'ne Ra KÖ'ne göre Ra değerindeki fark en büyük İİGTÖ 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 3,737 (μm), en küçük ise 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 2,526 (μm) olarak belirlenmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğünde 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'nde KÖ'ne göre meydana gelen değişim oransal olarak Şekil 3.10'de verilmiştir.



Şekil 3.10. 864 saat yaşlandırma sonrası Ra değişimi (%).

3.1.4.3. Yaşlandırma Sonrası Ra İle İlgili İrdeleme

Yabani Kiraz odununda yapay yaşlandırmanın Ra'ne etkisi ısıl işlem görmüş ve ısıl işlem görmemiş örneklerde farklı sonuçları ortaya çıkarmıştır. Her bir yaşlandırma periyodu sonrası belirlenen Ra değerlerinden anlaşılacak olduğu gibi ısıl işlem görmüş örneklerde yüzey daha az deformasyona uğramıştır (Şekil 3.11). Isıl işlem ve yaşlandırmanın Ra'ne etkisi, daha açıklayıcı olması bakımından Şekil 3.11'de bir arada grafik halinde gösterilmiştir. Isıl işlem sonrası KÖ ile İİGTÖ arasındaki Ra farkı, yaşlandırma uygulaması ile birlikte artmaya başlamış ve oldukça önemli bir fark meydana gelmiştir.



Şekil 3.11. Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası Ra değerindeki değişim (*; ısıl işlem sonrası İİGTÖ ve KÖ'nde ölçülen Ra değerleri).

Huang ve diğ. (2012), ısıtıl işlem uygulanmış Jack pine (*Pinus banksiana*)'da 1500 saatlik yaşlandırma sonunda KÖ ve İİGTÖ'nde radyal yüzeylerin daha düzgün ve çatlaksız olduğu, teğet yüzeyde 672 saatlik yaşlandırmadan sonra küçük çatlakların oluşmaya başladığı belirtilmiştir.

Yabani kiraz odununda yapay yaşlandırma sonrası elde edilen Ra değerlerine göre İİGTÖ ile KÖ arasında önemli bir farklılık göze çarpmaktadır. Bu farklılığın yaşlandırma süresi boyunca özellikle yağmurlama ve kondisyonlama şartlarının KÖ üzerinde daha etkili olması ile açıklanabilir. İİGTÖ'nde, özellikle hemiselülozun bozunması ve miktar olarak azalması nedeni odun-su ilişkilerinin kısıtlanması söz konusu olacağından yüzeydeki deformasyonlar daha az olmaktadır. Buna karşılık KÖ sahip olduğu serbest hidroksil gruplarının çokluğu ve erişilebilirliği sayesinde havadaki su ve su buharı ile yoğun bir ilişki içerisinde ki bunu sonucu olarak yüzey tabakalarında daha çok bozunma görülebilir.

3.1.5. Renk

Renk değerlerine ilişkin bulgular ısıtıl işlem ve yaşlandırma sonrası olmak üzere incelenmiştir. İlk olarak KÖ'ne göre İİGTÖ'nin renk parlaklığı değişimi (L^*), kırmızı renk tonu d (a^*), sarı renk tonu değişimi (b^*) ve toplam renk farklılığı değişimi (ΔE^*) incelendi. İkinci olarak yaşlandırma uygulanmış İİGTÖ ile KÖ arasındaki renk değişimi değerlerine ait bulgular, üçüncü olarak ise İİGTÖ'nde her bir yaşlandırma sonrası elde edilen renk değerlerine ait bulgular ile İİGTÖ'den başlangıçta elde edilen renk değerlerine ait bulgular arasındaki değişimler incelenerek farklılıklar tespit edildi.

3.1.5.1. Isıl İşlem Sonrası Renk

Isıl işlem uygulaması sonrasında İİGTÖ ile KÖ'ne ait istatistiksel veriler Çizelge 3.31'de birlikte verilmiştir.

Yabani Kiraz odununda ısıtıl işlem sonrası İİGTÖ'nde KÖ'ne göre en büyük L^* değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 31,67, en küçük L^* değeri 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 19,55 olarak belirlenmiştir.

En büyük a^* , 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -4,51, en küçük a^* , 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -3,48 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.31. Isıl işlem sonrası renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	K ₀	S ₀	\bar{X}	SS	ED	EY
L*	190	1	72.66	53.10	19.55	1.52	17.0	22.2
	190	2	72.66	52.30	20.37	2.01	17.0	22.7
	212	1	72.66	42.09	30.56	1.84	28.1	32.8
	212	2	72.66	40.99	31.67	1.16	29.1	33.3
a*	190	1	5.55	9.50	-3.95	0.72	-5.17	-3.07
	190	2	5.55	10.06	-4.51	0.96	-5.78	-3.28
	212	1	5.55	9.35	-3.80	1.19	-5.59	-2.51
	212	2	5.55	9.03	-3.48	1.71	-5.46	-1.27
b*	190	1	24.07	24.40	-0.32	0.85	-1.94	0.62
	190	2	24.07	23.68	0.38	0.56	-0.93	1.37
	212	1	24.07	18.47	5.59	1.16	3.86	7.35
	212	2	24.07	17.33	6.73	1.06	4.94	8.24
ΔE^*	190	1	-	-	19.98	1.58	17.39	22.85
	190	2	-	-	20.92	1.78	17.76	23.02
	212	1	-	-	31.33	2.11	28.54	33.76
	212	2	-	-	32.62	1.18	30.12	34.40

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), K₀ : Kontrol ölçümü değeri, S₀: Son ölçüm değeri, \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20

En büyük b*, 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 6,73, en küçük b* ise 190°C ve 1 saat varyasyonunda -0,32 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* , 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 32,62, en küçük ΔE^* ise 190°C ve 1 saat varyasyonunda 19,98 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve Çizelge 3.32’de verilmiştir.

Çizelge 3.32. Isıl işlem sonrası L*, a*, b* ve ΔE değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri **
L*	Gruplar içi	2505.525	3	835.17	300.438	0.000
	Gruplar arası	211.27	76	2.78		
	Toplam	2716.794	79			
a*	Gruplar içi	11.025	3	3.675	2.515	0.065
	Gruplar arası	111.062	76	1.461		
	Toplam	122.086	79			
b*	Gruplar içi	772.117	3	257.37	290.294	0.000
	Gruplar arası	67.381	76	0.887		
	Toplam	839.499	79			
ΔE^*	Gruplar içi	2682.463	3	894.15	309.208	0.000
	Gruplar arası	219.774	76	2.892		
	Toplam	2902.236	79			

Isıl işlem uygulaması sonrası İİGTÖ ile KÖ'nin L*, b* ve ΔE^* değerlerinin BVA sonuçları arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu,

a* değerlerinde ise ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı anlaşılmıştır.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ile etkileşim değerleri Çizelge 3.33'de verilmiştir.

Çizelge 3.33. İİGTÖ ile KÖ arasında L*, a*, b* ve ΔE^* etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	-	-	-	-	KÖ - 190 1	-	190 1-212 1	-11.009**
	190	1	19.55	a	KÖ - 190 2	-	190 1-212 2	-12.111**
	190	2	20.37	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 1	-10.190**
	212	1	30.56	b	KÖ - 212 2	-	190 2-212 2	-11.292**
	212	2	31.67	c	190 1 -190 2	-0.819**	212 1-212 2	-1.102
a*	-	-	-	-	KÖ - 190 1	-	190 1-212 1	-0.152
	190	1	-3.95	ab	KÖ - 190 2	-	190 1-212 2	-0.473
	190	2	-4.51	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 1	-0.704
	212	1	-3.80	ab	KÖ - 212 2	-	190 2-212 2	-1.026**
	212	2	-3.48	b	190 1 -190 2	0.552	212 1-212 2	-0.321
b*	-	-	-	-	KÖ - 190 1	-	190 1-212 1	-5.927**
	190	1	-0.32	a	KÖ - 190 2	-	190 1-212 2	-7.066**
	190	2	0.38	b	KÖ - 212 1	-	190 2-212 1	-5.214**
	212	1	5.59	c	KÖ - 212 2	-	190 2-212 2	-6.353**
	212	2	6.73	d	190 1 -190 2	-0.713	212 1-212 2	-1.139**
ΔE^*	-	-	-	-	KÖ - 190 1	-	190 1-212 1	-11.350**
	190	1	19.98	a	KÖ - 190 2	-	190 1-212 2	-12.640**
	190	2	20.92	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 1	-10.411**
	212	1	31.33	b	KÖ - 212 2	-	190 2-212 2	-11.703**
	212	2	32.62	c	190 1 -190 2	-0.939	212 1-212 2	-1.289

(**) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

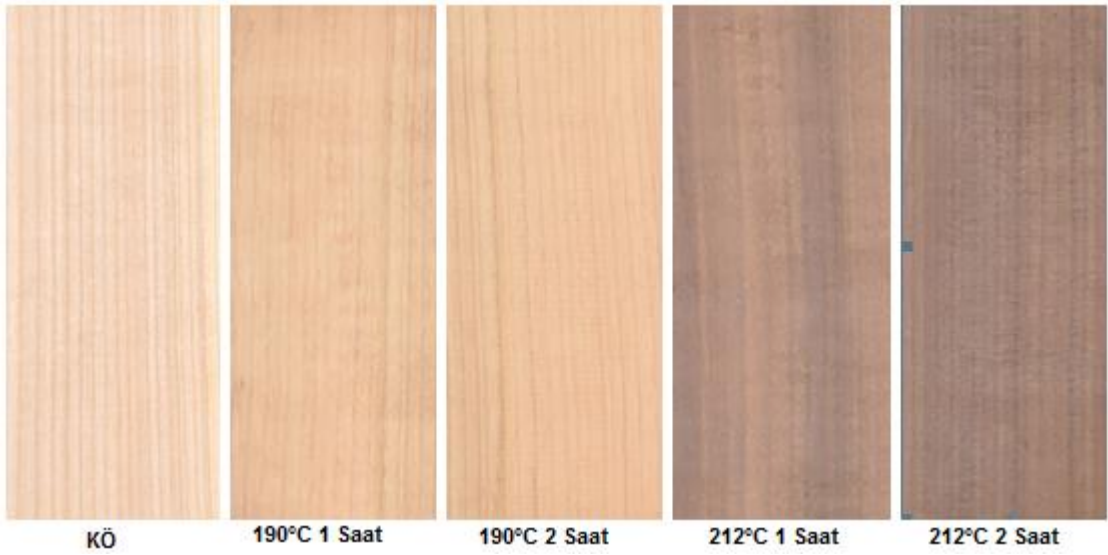
Duncan testi sonuçlarına göre 190°C ve 1 saat ile 190°C ve 2 saat varyasyonları ile 212°C sıcaklık 1 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş varyasyonları L* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık ve 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem varyasyonları a* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Hem 190°C 1 saat, 190°C ve 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonlarının a* değerleri hem de 190°C 1 saat, 212°C ve 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonlarının a* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Tüm varyasyonların b* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir(Çizelge 3.33)..

Duncan testi sonuçlarına göre İİGTÖ’nde 190°C ve 1 saat ile 190°C ve 2 saat varyasyonları ΔE^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken aynı varyasyonlar ile 212°C sıcaklık 1 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Isıl işlem Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu renginde önemli oranda değişim meydana getirmiştir. Toplam renk farklılığı (ΔE^*), ısıtım sıcaklığı ve süresinin artışına bağlı olarak başlangıçta açık olan rengin gittikçe koyulaşması şeklinde gerçekleşmiştir. Isıl işlem uygulaması sonucu meydana gelen renk değişimi Şekil 3.12’de verilmiştir.



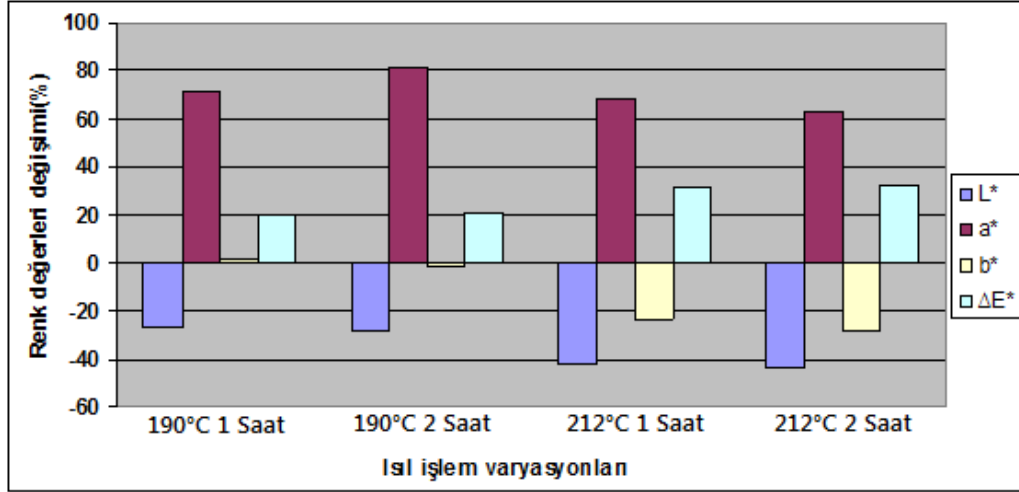
Şekil 3.12. Isıl işlemde meydana gelen renk değişimi

Ağaç malzemedeki “ ΔE^* ” ile ifade edilen toplam renk değişimi ve L^* , a^* ile b^* değerlerinden hesap edilmektedir. Çakıcıer (2007)’e göre ΔE^* nin düşük değerde olması, rengin değişmediği yada çok az değiştiğini göstermektedir. Elde olunan ΔE^* değerlerine göre de renk değişiminin önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 3.31).

Renk değişiminde L^* , a^* ve b^* değerlerinin hepsi etkili olmakla birlikte L^* değerlerinde oldukça fazla bir azalma dikkati çekmekte olup buradan hareketle ΔE^* değişiminin öncelikle L^* değişiminden kaynaklandığı söylenebilir. Matsuo ve diğ. (2010) çalışmalarında ısıtım sonrası doğal renge göre ΔE^* değişiminden önemli oranda L^* değerindeki azalmanın sorumlu olduğunu belirtmektedirler.

Todoroviç ve diğ. (2012) Srinivas ve Pandey (2012), Güller (2012), Akgül ve Korkut (2012), Li ve diğ. (2011), Çalıova (2011), Poncsak ve diğ. (2011) çalışmalarında benzer sonuçları ifade etmişlerdir.

Isıl işlem sonrası ΔE^* değerleri ile L^* , a^* , b^* değerlerinde KÖ'ne göre değişim oranları ile Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13. Isıl işlem sonrası L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^* .

Li ve diğ. (2011), douglas odununda 160,180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda 1, 2, 3 and 4 saat süre ile işleme tabi tuttıkları çalışmalarında rengin koyulaştığını, renk değişiminin 180°C'den sonra belirginleştiğini tespit etmişlerdir. Isıl işlemde renk değişimi üzerine sıcaklığın süreden daha önemli etkinin olduğu ifade etmişlerdir.

Tuong ve Li (2010), hibrid akasyanın nitrojen ortamında 210°C sıcaklıktan 230°C sıcaklığa kadar değişik sıcaklıklarda ve 2,4 ve 6 saat süre olmak üzere ısıl işlem uyguladıkları çalışmalarında renk değişimini araştırdılar. Sonuçta ısıl işlem görmüş ağaç malzemedeki önemli sayılabilecek renk koyulaşması meydana geldiğini, bu renk değişiminin ekstraktifler, lignin ve hemiselülozda ısıl işlem ile birlikte meydana gelen değişimlerle açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Isıl işlemle ağaç malzemedeki kütle kaybı ile ΔE^* arasındaki ilişki araştırmışlar ve $R^2=0.85$ düzeyinde bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Nuopponen'e göre ısıl işlem uygulamasında sıcaklık ve süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır. Isıl işlem uygulaması sonucu renkteki koyuluğun artmasına rağmen odun dokusu hala görülebilir veya hatta belirgin hale gelebilir. Bu nedenle ısıl

işlem uygulanmış kerestelerde oluşan renk koyuluğu kullanımı sınırlar veya destekler. Literatürde ısı işlem uygulaması süresince odundaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri tam olarak tanımlanamamıştır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda renk değişimlerinin ana sebepleri olarak hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir (Nuopponen 2005).

Bekhta and Niemz (2005), ladin ağacında renk değişimini inceledikleri çalışmalarında ısı işlemde odun renginin koyulaştığını, ısı işlem sıcaklığı 200°C'ye yaklaştıkça renk değişiminin arttığını ve bu renkteki koyulaşmanın 4 saat muameleden sonra daha da yoğunlaştığını belirlemişlerdir.

Mitsui (2006), ladin örneklerinin rengindeki değişimi incelediği çalışmasında ısı işlem sonucunda L*, a* ve b* değerlerinde düşüş gözlemiştir. Bu durum ısı işlem görmüş odunun ışık etkisi altında renk değişimine uğradığı anlamına gelmektedir. Işık yayılımıyla foto termal olarak muamele edilen odunun rengi ısı işlemle iyileştirilebilmekte fakat gerekli önlemler alınmadığı sürece örneklerde istenmeyen renk değişimlerinin olabileceği söylenmektedir.

Chow and Mukai (1972), ısı işlem nedeniyle meydana gelen renk değişimiyle kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında ilişki olduğunu belirtmektedir. Hillis (1975), odunda ısı işlem sonrası renk değişiminin hemiselülozun hidrolizinden dolayı kaynaklandığını belirtmiştir. Yine yapılan bir çalışmada sarıçamın diri odunundaki sararmanın hemiselülozun parçalanması ve termal degradasyonla beraber meydana gelen düşük moleküllü şeker miktarının artmasıyla yükseldiğini belirlemiş ve böylece hemiselülozun parçalanması veya termal degradasyonunun sarıçamın daha koyu renk değişimleriyle yakından ilgili olduğu kanısına varmıştır (Terzievet al., 1993). Fengel and Wegener (1989), oksidatif ve hidrolitik reaksiyonların nem ortamında genellikle hidrolitik reaksiyonların baskın olduğu odunun ısı muamelesi boyunca kromofor oluşumuna sebebiyet verdiğini ve odunda renk değişiminin sebebinin de bu gruplar olduğunu belirtmektedirler (Sefil 2010, Çalıova 2011).

Isı işlem ile birlikte meydana gelen ΔE^* sebepleri üzerine literatürde çeşitli yargılara varıldığı anlaşılmakla birlikte henüz kesin bir sonuç ortaya konulmamıştır. Yine de Yabani kiraz odununda ısı işlem ile oluşan ΔE^* değişimi ile ilgili şunlar söylenebilir;

- Isı işlem ile birlikte odunda meydana gelen kütle kaybı.

- Hemiselülozların hidrolizi.
- Hemizelüloz ve lignin ile ekstraktif maddelerin bozunması.
- Lignin miktarının göreceli artışı.

3.1.5.2. Yaşlandırma Sonrası Renk

144 saat yaşlandırma sonrası L*, a*, b* ve ΔE* Değerlerine Ait Bulgular

- 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.34'de verilmiştir.

Çizelge 3.34. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	K _ö	S _ö	\bar{X}	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	72.66	48.57	24.09	6.75	14.92	34.24
	190	1	72.66	54.52	18.13	2.00	15.28	22.56
	190	2	72.66	51.39	21.27	1.29	20.08	23.66
	212	1	72.66	43.28	29.37	1.82	26.69	31.94
	212	2	72.66	43.71	28.95	2.19	24.89	32.48
a*	KÖ	-	5.55	16.6	-11.09	3.89	-16.12	-5.99
	190	1	5.55	7.48	-1.93	0.85	-3.61	-0.86
	190	2	5.55	8.12	-2.58	1.14	-4.02	-1.10
	212	1	5.55	6.57	-1.01	1.22	-3.15	0.39
	212	2	5.55	6.34	-0.79	1.40	-2.77	1.91
b*	KÖ	-	24.07	32.1	-8.06	3.55	-12.81	-2.81
	190	1	24.07	18.12	5.95	0.95	3.98	7.12
	190	2	24.07	18.47	5.59	1.11	3.35	7.08
	212	1	24.07	14.10	9.97	2.14	5.45	12.09
	212	2	24.07	14.23	9.83	1.68	7.28	14.77
ΔE*	KÖ	-	-	-	27.76	8.39	16.42	39.21
	190	1	-	-	19.24	1.81	16.66	23.23
	190	2	-	-	22.20	1.14	20.94	24.31
	212	1	-	-	31.12	1.91	27.88	34.10
	212	2	-	-	30.64	2.41	26.05	33.74

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), K_ö : Kontrol ölçümü değeri, S_ö: Son ölçüm değeri, \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20.

Elde edilen sonuçlara göre, 144 saat yaşlandırma sonrası hesaplanan L* değerleri arasında en büyük fark 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 29,37, en küçük fark 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 18,13 olarak belirlenmiştir.

En büyük a* değeri KÖ'nde -11,9, en küçük a* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde -0,79 olarak belirlenmiştir.

En büyük b^* değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 9,97, en küçük b^* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 5,59 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 31,12, en küçük ΔE^* değeri 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 1,24 olarak belirlenmiştir.

144 yaşlandırma sonrası KÖ’ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri arasında istatistiksel farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.35’de verilmiştir.

Çizelge 3.35. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ’ne göre hesaplanan L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L^*	Gruplar içi	1892.121	4	473.03	39.794	0.000
	Gruplar arası	1129.259	95	11.87		
	Toplam	3021.380	99			
a^*	Gruplar içi	1488.346	4	372.087	90.185	0.000
	Gruplar arası	391.953	95	4.126		
	Toplam	1880.299	99			
b^*	Gruplar içi	4387.162	4	1096.791	246.706	0.000
	Gruplar arası	422.345	95	4.446		
	Toplam	4809.507	99			
ΔE^*	Gruplar içi	2216.762	4	554.190	32.785	0.000
	Gruplar arası	1605.851	95	16.904		
	Toplam	3822.613	99			

**) $P \leq 0.05$

144 saat yaşlandırma sonrası KÖ’ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri BVA sonuçları arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.36’de verilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre tüm renk değerlerinde İİGTÖ ile KÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 3.36’a göre, 144 saat yaşlandırma sonrası L^* değerlerinde 212°C varyasyonlarının kendi içlerinde, a^* değerlerinde 190°C sıcaklık ve 1 saat ile 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonlarının kendi aralarında, 190°C sıcaklık ve 1 saat ile 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat varyasyonları arasında, ayrıca b^* değerlerinde 190°C sıcaklık varyasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı

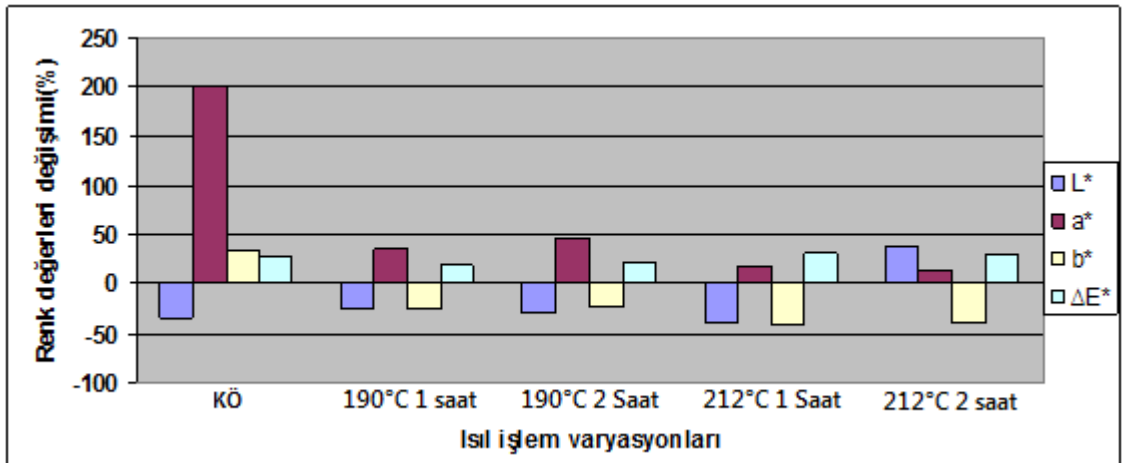
belirlenmiştir. Aynı şekilde ΔE^* değerlerinde 212°C sıcaklık varyasyonları kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.36. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	24.09	c	KÖ - 190 1	5.952**	190 1-212 1	-11.241**
	190	1	18.13	a	KÖ - 190 2	2.815	190 1-212 2	-10.816**
	190	2	21.27	b	KÖ - 212 1	-5.289**	190 2-212 1	-8.104**
	212	1	29.37	d	KÖ - 212 2	-4.864	190 2-212 2	-7.680**
	212	2	28.95	d	190 1 -190 2	-3.136**	212 1-212 2	0.425
a*	KÖ	-	-11.09	a	KÖ - 190 1	-9.157**	190 1-212 1	-0.917
	190	1	-1.93	bc	KÖ - 190 2	-8.511**	190 1-212 2	-1.141
	190	2	-2.58	b	KÖ - 212 1	-10.074**	190 2-212 1	-1.562
	212	1	-1.01	c	KÖ - 212 2	-10.298**	190 2-212 2	-1.787
	212	2	-0.79	c	190 1 -190 2	0.645	212 1-212 2	-0.224
b*	KÖ	-	-8.06	a	KÖ - 190 1	-14.012**	190 1-212 1	-4.018**
	190	1	5.95	b	KÖ - 190 2	-13.659**	190 1-212 2	-3.886**
	190	2	5.59	b	KÖ - 212 1	-18.030**	190 2-212 1	-4.370**
	212	1	9.97	c	KÖ - 212 2	-17.898**	190 2-212 2	-4.238**
	212	2	9.83	d	190 1 -190 2	0.352	212 1-212 2	0.132
ΔE^*	KÖ	-	27.76	c	KÖ - 190 1	8.525**	190 1-212 1	-11.884**
	190	1	19.24	a	KÖ - 190 2	5.557**	190 1-212 2	-11.404**
	190	2	22.20	b	KÖ - 212 1	-3.359	190 2-212 1	-8.917**
	212	1	31.12	d	KÖ - 212 2	-2.879	190 2-212 2	-8.437**
	212	2	30.64	d	190 1 -190 2	-2.967	212 1-212 2	0.479

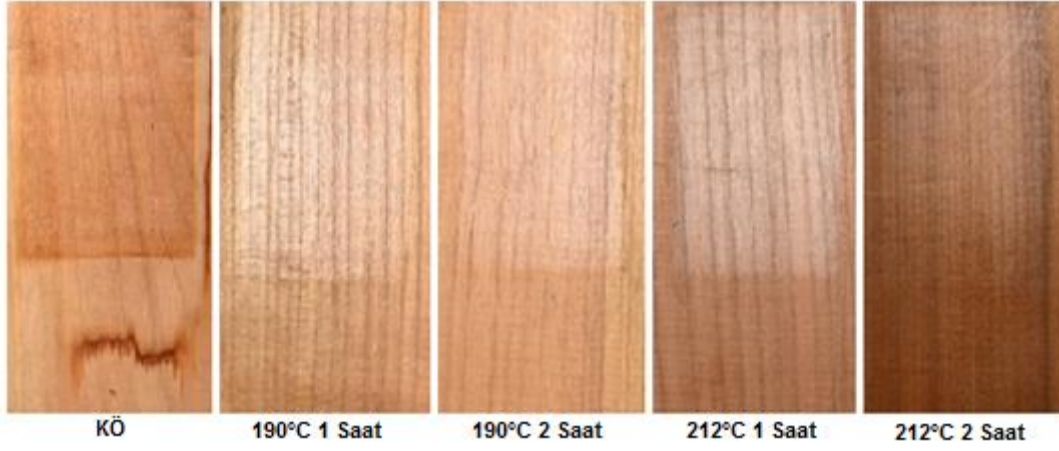
(**) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homjenlik grubu.

144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a* ve b* renk değişim oranları ve ΔE^* grafiği Şekil 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.14. 144 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a* ve b* değişimi (%) ve ΔE^* .

Şekil 3.15'te ısı işlem görmüş yabancı kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası görünüşler verilmiştir.



Şekil 3.15. 144 saat yaşlandırma sonrası görünüşler.

- 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.37'de verilmiştir.

Çizelge 3.37. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_{\bar{s}}$	$S_{\bar{s}}$	\bar{X}	SS	ED	EY
L^*	KÖ	-	72.66	48.57	24.09	6.75	14.92	34.24
	190	1	53.10	54.52	-1.42	2.19	-4.57	1.95
	190	2	52.30	51.40	0.89	1.78	-2.09	3.33
	212	1	42.10	43.30	-1.2	3.50	-5.99	3.42
	212	2	40.99	43.71	-2.7	2.48	-6.86	1.11
a^*	KÖ	-	5.40	16.6	-11.2	4.09	-17.92	-5.99
	190	1	9.50	7.48	2.02	0.44	1.25	2.73
	190	2	10.10	8.13	1.93	0.27	1.52	2.46
	212	1	9.35	6.57	2.79	0.62	1.61	3.75
	212	2	9.03	6.34	2.69	0.55	1.43	3.23
b^*	KÖ	-	24.10	32.1	-8.06	3.55	-12.81	-2.81
	190	1	24.40	18.12	6.28	1.45	3.36	8.59
	190	2	23.7	18.5	5.22	0.69	4.24	6.49
	212	1	18.5	14.1	4.37	2.80	-1.06	7.83
	212	2	17.3	14.2	3.1	1.22	1.36	6.58
ΔE^*	KÖ	-			27.8	8.46	16.42	39.21
	190	1			7.08	1.50	3.88	8.90
	190	2			5.91	0.57	4.90	7.04
	212	1			6.67	1.84	3.35	9.07
	212	2			5.48	1.37	3.47	8.33

Elde edilen sonuçlara göre(Çizelge 3.37), 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L^* en büyük KÖ'nde 24,09, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,89 olarak belirlenmiştir. En büyük a^* , KÖ'nde -11,2, en küçük a^* değişimi 190°C

sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 1,93 olarak belirlenmiştir. En büyük b*, KÖ'nde -8,06, en küçük b* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 3.1 olarak belirlenmiştir. En büyük ΔE^* , KÖ'nde 27,8, en küçük ΔE^* 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 0,57 olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.38'de verilmiştir.

Çizelge 3.38. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	10292.95	4	2573.239	178.500	0.000
	Gruplar arası	1369.508	95	14.416		
	Toplam	11662.46	99			
a*	Gruplar içi	2971.837	4	742.959	209.099	0.000
	Gruplar arası	337.549	95	3.553		
	Toplam	3309.386	99			
b*	Gruplar içi	2730.740	4	682.685	138.866	0.000
	Gruplar arası	467.032	95	4.916		
	Toplam	3197.772	99			
ΔE^*	Gruplar içi	7458.923	4	1864.731	117.328	0.000
	Gruplar arası	1509.865	95	15.893		
	Toplam	8968.788	99			

**) $P \leq 0.05$

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinin İİGTÖ'ne göre değişimine ilişkin BVA sonuçları arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE^* değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.39'de verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinde, KÖ ile İİGTÖ ile tüm varyasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir(Çizelge 3.39).

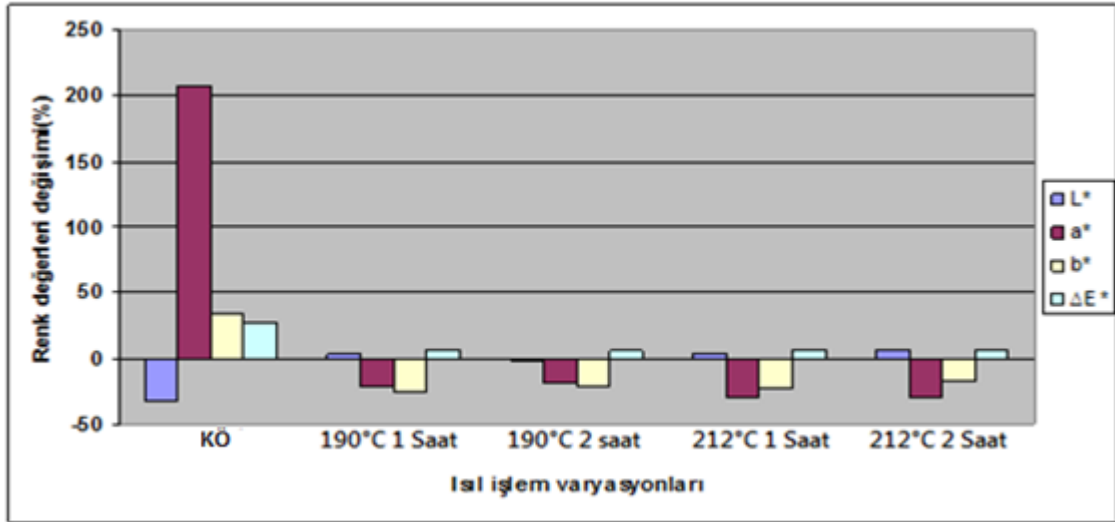
144 saat yaşlandırma sonrası, İİGTÖ L*, a* ve ΔE^* renk değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. (Çizelge 3.39).

Çizelge 3.39. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	24.09	b	KÖ - 190 1	25.511**	190 1-212 1	-0.232
	190	1	-1.42	a	KÖ - 190 2	23.194**	190 1-212 2	1.294
	190	2	0.89	a	KÖ - 212 1	25.279**	190 2-212 1	2.085
	212	1	-1.2	a	KÖ - 212 2	26.806**	190 2-212 2	3.612
	212	2	-2.7	a	190 1-190 2	-2.317	212 1-212 2	1.526
a*	KÖ	-	-11.2	a	KÖ - 190 1	-13.266**	190 1-212 1	-0.765
	190	1	2.02	b	KÖ - 190 2	-13.173**	190 1-212 2	-0.668
	190	2	1.93	b	KÖ - 212 1	-14.031**	190 2-212 1	-0.858
	212	1	2.79	b	KÖ - 212 2	-13.934**	190 2-212 2	-0.761
	212	2	2.69	b	190 1-190 2	0.093	212 1-212 2	0.097
b*	KÖ	-	-8.06	a	KÖ - 190 1	-14.341**	190 1-212 1	1.909
	190	1	6.28	d	KÖ - 190 2	-13.275**	190 1-212 2	3.180
	190	2	5.22	cd	KÖ - 212 1	-12.431**	190 2-212 1	0.843
	212	1	4.37	bc	KÖ - 212 2	-11.160**	190 2-212 2	2.114**
	212	2	3.1	b	190 1-190 2	1.066	212 1-212 2	1.271
ΔE^*	KÖ	-	27.8	b	KÖ - 190 1	20.749**	190 1-212 1	0.409
	190	1	7.08	a	KÖ - 190 2	21.921**	190 1-212 2	1.603
	190	2	5.91	a	KÖ - 212 1	21.159**	190 2-212 1	-0.761
	212	1	6.67	a	KÖ - 212 2	22.352**	190 2-212 2	0.431
	212	2	5.48	a	190 1-190 2	1.171	212 1-212 2	1.193

(**) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* renk değişimi oranları ve ΔE^* Şekil 3.16'de verilmiştir.



Şekil 3.16. 144 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* değişimi (%) ve ΔE^* .

288 saat yaşlandırma sonrası L^* , a^* , b^* ve ΔE^* Değerlerine Ait Bulgular

- Isıl işlem görmüş test örneklerinin 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.40'de verilmiştir.

Çizelge 3.40. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	K_0	S_0	\bar{X}	SS	ED	EY
L^*	KÖ	-	72.66	43.6	29.10	6.19	21.40	40.08
	190	1	72.66	57.7	14.91	3.46	9.23	19.52
	190	2	72.66	53.8	18.86	2.76	15.15	23.26
	212	1	72.66	47.5	25.18	2.17	22.67	31.51
	212	2	72.66	41.5	31.19	2.00	27.83	33.88
a^*	KÖ	-	5.55	15.4	-9.89	1.56	-12.6	-7.29
	190	1	5.55	5.96	-0.41	1.06	-3.16	1.20
	190	2	5.55	5.51	0.03	0.41	-0.58	0.80
	212	1	5.55	4.85	0.69	0.78	-0.61	1.69
	212	2	5.55	4.32	1.22	0.62	0.8	1.91
b^*	KÖ	-	24.07	27.5	-3.39	2.07	-6.17	0.71
	190	1	24.07	13.6	10.49	1.45	7.22	12.41
	190	2	24.07	12	12.05	2.02	8.71	14.77
	212	1	24.07	9.95	14.12	0.60	12.89	15.31
	212	2	24.07	7.95	16.12	0.55	15.43	17.07
ΔE^*	KÖ	-	-	-	31.03	6.17	22.86	42.03
	190	1	-	-	18.39	3.09	13.86	22.81
	190	2	-	-	22.41	3.26	18.69	26.59
	212	1	-	-	28.92	1.85	26.73	34.73
	212	2	-	-	35.14	0.43	32.05	37.67

288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan L^* değerinde en büyük fark 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 31,19, en küçük fark 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 14,91 olarak belirlenmiştir.

En büyük a^* değişimi KÖ'nde -9,89, en küçük a^* değişimi 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 0,03 olarak belirlenmiştir.

En büyük b^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 16,12, en küçük b^* değişimi KÖ'nde -3,39 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 35,14, en küçük ΔE^* değişimi 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 18,39 olarak belirlenmiştir.

288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.41'de verilmiştir.

Çizelge 3.41. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	3758.040	4	939.510	70.313	0.000
	Gruplar arası	1269.365	95	13.362		
	Toplam	5027.405	99			
a*	Gruplar içi	1720.607	4	430.152	450.525	0.000
	Gruplar arası	90.704	95	0.955		
	Toplam	1811.311	99			
b*	Gruplar içi	4767.831	4	1191.958	531.869	0.000
	Gruplar arası	212.902	95	2.241		
	Toplam	4980.733	99			
ΔE*	Gruplar içi	3626.598	4	906.649	69.195	0.000
	Gruplar arası	1244.767	95	13.103		
	Toplam	4871.365	99			

***) P≤0.05

BVA sonuçları, 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE* değerlerinin (P≤0.05) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.42'de verilmiştir.

Çizelge 3.42. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				İstatistik değerler			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	29.10	d	KÖ - 190 1	14.189**	190 1-212 1	-10.264**
	190	1	14.91	a	KÖ - 190 2	10.242**	190 1-212 2	-16.271**
	190	2	18.86	b	KÖ - 212 1	3.925**	190 2-212 1	-6.317**
	212	1	25.18	c	KÖ - 212 2	-2.082	190 2-212 2	-12.324**
	212	2	31.19	d	190 1 -190 2	-3.947**	212 1-212 2	-6.007**
a*	KÖ	-	-9.89	a	KÖ - 190 1	-9.475**	190 1-212 1	-1.109**
	190	1	-0.41	b	KÖ - 190 2	-9.926**	190 1-212 2	-1.640**
	190	2	0.03	b	KÖ - 212 1	-10.584**	190 2-212 1	-0.658
	212	1	0.69	c	KÖ - 212 2	-11.115**	190 2-212 2	-1.189**
	212	2	1.22	c	190 1 -190 2	-0.451	212 1-212 2	-0.531
b*	KÖ	-	-3.39	a	KÖ - 190 1	-13.885**	190 1-212 1	-3.636**
	190	1	10.49	b	KÖ - 190 2	-15.453**	190 1-212 2	-5.635**
	190	2	12.05	c	KÖ - 212 1	-17.522**	190 2-212 1	-2.069**
	212	1	14.12	d	KÖ - 212 2	-19.521**	190 2-212 2	-4.068**
	212	2	16.12	e	190 1 -190 2	-1.567**	212 1-212 2	-1.999**
ΔE*	KÖ	-	31.03	c	KÖ - 190 1	12.646**	190 1-212 1	-10.530**
	190	1	18.39	a	KÖ - 190 2	8.621**	190 1-212 2	-16.756**
	190	2	22.41	b	KÖ - 212 1	2.116	190 2-212 1	-6.504**
	212	1	28.92	c	KÖ - 212 2	-4.109**	190 2-212 2	-12.730**
	212	2	35.14	d	190 1 -190 2	-4.025**	212 1-212 2	-6.225**

(**) P≤0.05 düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

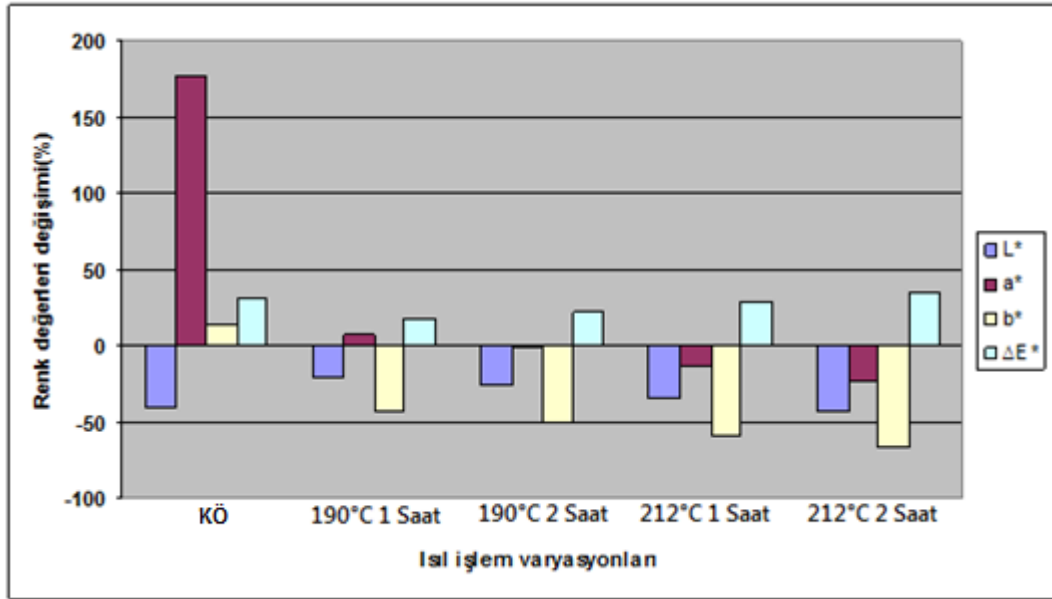
Duncan testi sonuçlarına göre KÖ ve 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nin L* değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, diğer varyasyonlar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre KÖ a* değerleri ile tüm İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ancak hem 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat, hem de 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat İİGTÖ'nin kendi aralarında istatistiksel anlamda farklılık bulunamamıştır.

Duncan testi sonuçlarına göre KÖ b* değerleri ile tüm İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

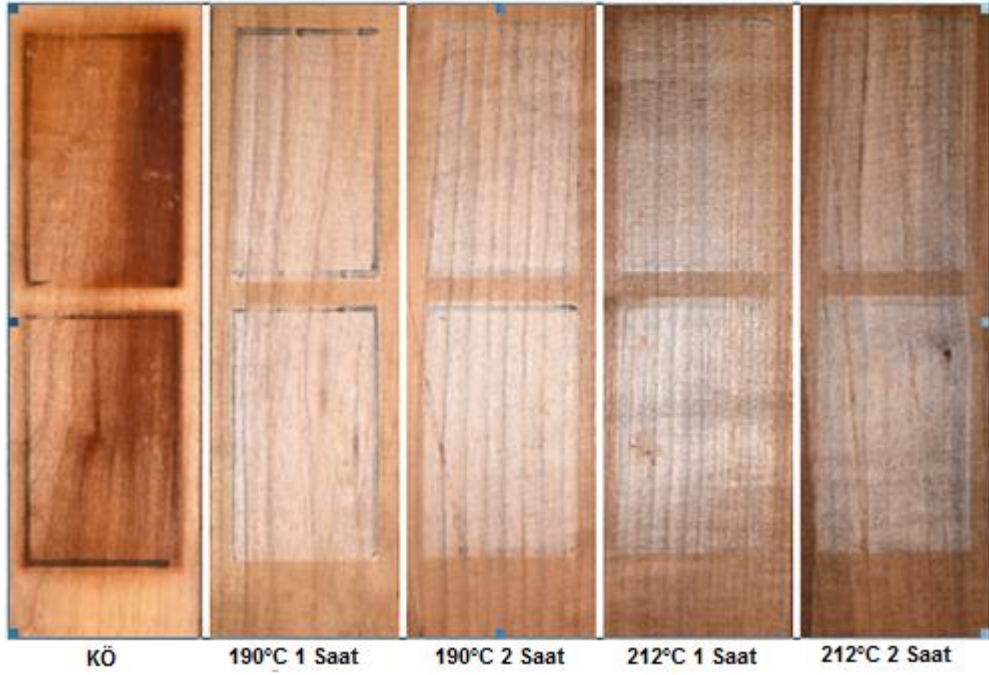
ΔE^* ise, KÖ ile İİGTÖ arasında 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ hariç istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a* ve b* değişim oranları ile ΔE^* değerlerinin değişimi Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17. 288 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* değişimi (%) ve ΔE^* .

Isıl işlem görmüş yabani kiraz odununda 288 saat yaşlandırma sonrası görünüşler Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18. 288 saat yaşlandırma sonrası test örneklerinin görünüşü.

- 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.43'de verilmiştir.

Çizelge 3.43. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_{\bar{0}}$	$S_{\bar{0}}$	\bar{X}	SS	ED	EY
L^*	KÖ	-	72.23	43.55	28.68	6.55	21.10	42.31
	190	1	54.70	57.74	-3.03	3.44	-8.61	3.04
	190	2	49.04	53.79	-4.74	1.67	-8.32	-1.67
	212	1	40.13	47.47	-7.33	2.62	-11.98	-1.06
	212	2	38.88	41.47	-2.58	0.68	-3.84	-1.41
a^*	KÖ	-	5.64	15.43	-9.78	2.09	-13.80	-6.88
	190	1	9.41	5.96	3.45	0.57	1.65	4.19
	190	2	9.81	5.51	4.30	0.34	3.80	4.92
	212	1	8.26	4.85	3.40	0.55	2.50	4.21
	212	2	8.13	4.32	3.81	0.28	3.03	4.20
b^*	KÖ	-	24.04	27.46	-3.42	1.54	-6.02	-0.83
	190	1	25.42	13.58	11.84	1.58	8.00	13.37
	190	2	23.51	12.01	11.49	1.05	8.41	12.77
	212	1	16.35	9.94	6.40	2.02	2.26	9.49
	212	2	16.02	7.94	8.08	1.21	5.07	9.637
ΔE^*	KÖ	-	-	-	30.64	6.76	22.26	44.53
	190	1	-	-	13.22	0.83	11.30	14.52
	190	2	-	-	13.28	0.70	11.63	14.32
	212	1	-	-	10.75	1.25	8.53	13.90
	212	2	-	-	9.33	1.18	6.75	10.48

288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ göre hesaplanan L* değeri en büyük, KÖ'nde 29,11, en küçük L* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde -2,58 olarak belirlenmiştir.

En büyük a*, DKÖ'nde -9,78, en küçük a* 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 1,93 olarak belirlenmiştir.

En büyük b* 190°C ve 1 saat İİGTÖ'nde 11,84, en küçük b* değişimi KÖ'nde -3,42 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* KÖ'nde 30,64, en küçük 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 9,33 olarak belirlenmiştir.

288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.44'de verilmiştir.

Çizelge 3.44. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Oduunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	17913.81	4	4478.45	344.55	0.000
	Gruplar arası	1234.79	95	12.998		
	Toplam	19148.61	99			
a*	Gruplar içi	2940.87	4	735.21	706.29	0.000
	Gruplar arası	98.89	95	1.041		
	Toplam	3039.76	99			
b*	Gruplar içi	3076.76	4	769.191	33.90	0.000
	Gruplar arası	219.50	95	2.311		
	Toplam	3296.26	99			
ΔE^*	Gruplar içi	5998.97	4	1499.74	150.23	0.000
	Gruplar arası	948.34	95	9.983		
	Toplam	6947.31	99			

**) $P \leq 0.05$

288 saat yaşlandırma sonrası elde edilen BVA sonuçları İİGTÖ'ne göre belirlenen renk değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu göstermiştir.

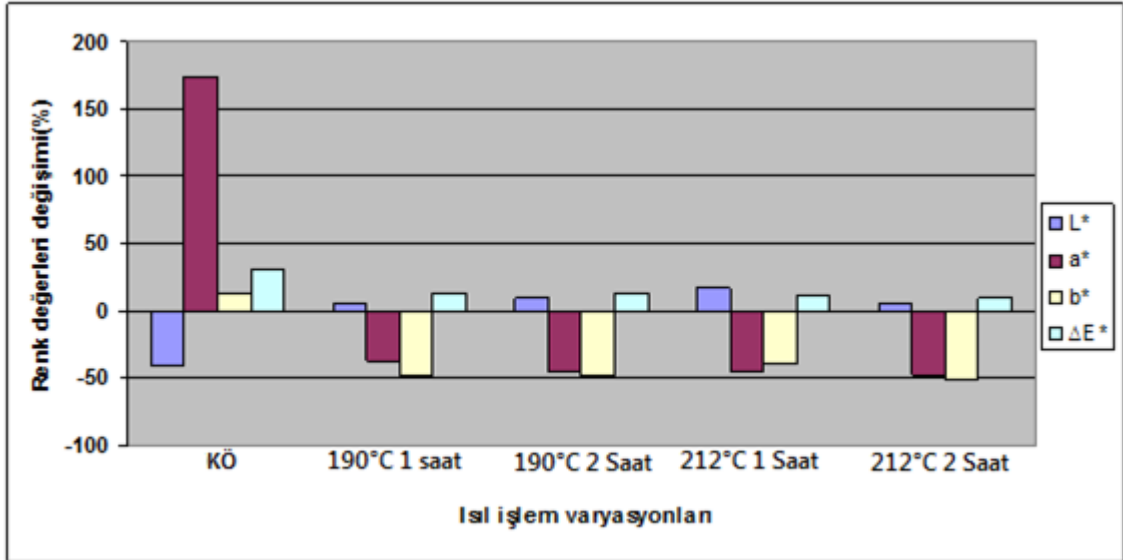
288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.45'de verilmiştir.

Çizelge 3.45. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE* değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	28.68	c	KÖ - 190 1	31.808**	190 1-212 1	4.303**
	190	1	-3.03	b	KÖ - 190 2	33.85**	190 1-212 2	-0.448
	190	2	-4.74	b	KÖ - 212 1	36.44**	190 2-212 1	2.592
	212	1	-7.33	a	KÖ - 212 2	31.69**	190 2-212 2	-2.159
	212	2	-2.58	b	190 1-190 2	1.711	212 1-212 2	-4.751**
a*	KÖ	-	-9.78	a	KÖ - 190 1	-13.244**	190 1-212 1	0.049
	190	1	3.45	b	KÖ - 190 2	-14.094**	190 1-212 2	-0.356
	190	2	4.30	c	KÖ - 212 1	-13.195**	190 2-212 1	0.898**
	212	1	3.40	b	KÖ - 212 2	-13.600**	190 2-212 2	0.493
	212	2	3.81	bc	190 1-190 2	-0.849	212 1-212 2	-0.405
b*	KÖ	-	-3.42	a	KÖ - 190 1	-15.271**	190 1-212 1	5.441**
	190	1	11.84	d	KÖ - 190 2	-14.921**	190 1-212 2	3.764**
	190	2	11.49	d	KÖ - 212 1	-9.830**	190 2-212 1	5.091**
	212	1	6.40	b	KÖ - 212 2	-11.507**	190 2-212 2	3.413**
	212	2	8.08	c	190 1-190 2	0.350	212 1-212 2	-1.677**
ΔE*	KÖ	-	30.64	c	KÖ - 190 1	17.422**	190 1-212 1	2.466
	190	1	13.22	b	KÖ - 190 2	17.356**	190 1-212 2	3.887**
	190	2	13.28	b	KÖ - 212 1	19.888**	190 2-212 1	2.531
	212	1	10.75	a	KÖ - 212 2	21.310**	190 2-212 2	3.953**
	212	2	9.33	a	190 1-190 2	-0.065	212 1-212 2	1.421

(**) P<0.05 düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a* ve b* değişim oranları ile ΔE* Şekil 3.19'de verilmiştir.



Şekil 3.19. 288 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a* ve b* değişimi (%) ve ΔE*.

Duncan testi sonuçlarına göre 288 saat yaşlandırma sonrasında KÖ ile tüm İİGTÖ renk değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ancak L* değerlerinde, 190°C 1 ve 2 saat ile 212°C ve 2 saat varyasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

Toplam renk farklılığı (ΔE^*) değerlerinde hem 190°C sıcaklık varyasyonlarının kendi aralarında, hem de 212°C sıcaklık varyasyonlarının kendi aralarında fark bulunmadığı anlaşılmıştır.

576 saat yaşlandırma sonrası L*, a*, b* ve ΔE Değerlerine Ait Bulgular

- 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.46'de verilmiştir.

Çizelge 3.46. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler .

	T	Z	K ₀	S ₀	\bar{X}	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	72.66	60.12	12.53	3.89	7.44	22.11
	190	1	72.66	61.27	11.39	1.98	6.32	13.89
	190	2	72.66	60.93	11.73	3.61	5.63	16.71
	212	1	72.66	56.91	15.75	1.51	12.93	18.31
	212	2	72.66	54.53	18.12	1.71	15.95	20.94
a*	KÖ	-	5.55	7.52	-1.97	1.39	-5.36	-0.11
	190	1	5.55	4.31	1.22	0.68	0.18	2.48
	190	2	5.55	3.92	1.62	0.71	0.45	2.65
	212	1	5.55	3.03	2.51	0.84	1.11	3.65
	212	2	5.55	2.76	2.78	0.73	1.65	3.71
b*	KÖ	-	24.07	14.41	9.65	1.50	6.30	11.98
	190	1	24.07	9.08	14.99	1.71	12.25	17.50
	190	2	24.07	7.55	16.52	1.41	14.05	18.36
	212	1	24.07	5.57	18.49	0.97	17.20	20.28
	212	2	24.07	5.35	18.72	0.97	17.16	20.18
ΔE^*	KÖ	-	-	-	16.23	3.09	12.70	23.61
	190	1	-	-	18.95	1.96	15.75	21.91
	190	2	-	-	20.51	2.71	17.09	23.89
	212	1	-	-	24.48	1.04	22.43	25.52
	212	2	-	-	26.26	1.18	24.19	28.05

Elde edilen sonuçlardan, 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre İİGTÖ'nin L* değerlerinde en büyük değişim 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 18,12, en küçük değişim 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 11,39 olarak belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan a* değerinde en büyük değişim 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 2,78, en küçük değişim 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 1,22 olarak belirlenmiştir.

KÖ'ne göre b* değerindeki değişim en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 18,72, en küçük KÖ'nde 9,65 olarak belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre bulunan ΔE^* değerindeki değişim en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 26,26, en küçük 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 16,23 olarak belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değerlerindeki farklılıklarına ilişkin yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.47'de verilmiştir.

Çizelge 3.47. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	683.568	4	170.892	22.848	0.000
	Gruplar arası	710.562	95	7.480		
	Toplam	1394.130	99			
a*	Gruplar içi	289.448	4	72.362	86.561	0.000
	Gruplar arası	79.417	95	0.836		
	Toplam	368.865	99			
b*	Gruplar içi	1093.054	4	273.264	150.055	0.000
	Gruplar arası	173.004	95	1.821		
	Toplam	1266.058	99			
ΔE^*	Gruplar içi	1330.930	4	33.733	71.362	0.000
	Gruplar arası	442.948	95	4.663		
	Toplam	1773.879	99			

**) $P \leq 0.05$

576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE^* değerlerine ilişkin BVA sonuçları arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrası L*, a*, b* ve ΔE değerlerinde KÖ'ne göre değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.48'de verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre L* değerlerinde KÖ ile İİGTÖ, 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat varyasyonları arasında istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir. Buna karşılık 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat İİGTÖ varyasyonları ile KÖ istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

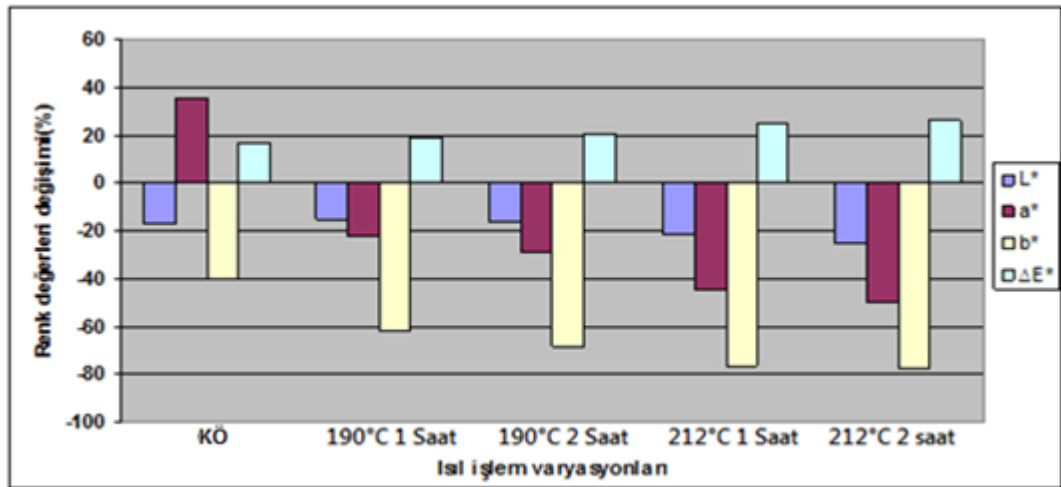
Öte yandan, duncan testi sonuçlarına göre İİGTÖ'nin tüm varyasyonlarının a*, b* ve ΔE^* değerleri ile KÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 3.48. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	12.53	a	KÖ - 190 1	1.141	190 1-212 1	-4.359**
	190	1	11.39	a	KÖ - 190 2	0.802	190 1-212 2	-6.737**
	190	2	11.73	a	KÖ - 212 1	-3.218**	190 2-212 1	-4.020**
	212	1	15.75	b	KÖ - 212 2	-5.596**	190 2-212 2	-6.398**
	212	2	18.12	c	190 1-190 2	-0.339	212 1-212 2	-2.378
a*	KÖ	-	-1.97	a	KÖ - 190 1	-3.200**	190 1-212 1	-1.287**
	190	1	1.22	b	KÖ - 190 2	-3.597**	190 1-212 2	-1.554**
	190	2	1.62	b	KÖ - 212 1	-4.487**	190 2-212 1	-0.890**
	212	1	2.51	c	KÖ - 212 2	-4.754**	190 2-212 2	-1.157**
	212	2	2.78	c	190 1-190 2	-0.396	212 1-212 2	-0.267
b*	KÖ	-	9.65	a	KÖ - 190 1	-5.335**	190 1-212 1	-3.507**
	190	1	14.99	b	KÖ - 190 2	-6.863**	190 1-212 2	-3.729**
	190	2	16.52	c	KÖ - 212 1	-8.842**	190 2-212 1	-1979**
	212	1	18.49	d	KÖ - 212 2	-9.064**	190 2-212 2	-2.201**
	212	2	18.72	d	190 1-190 2	-1.528**	212 1-212 2	-0.221
ΔE*	KÖ	-	16.23	a	KÖ - 190 1	-2.723**	190 1-212 1	-5.525**
	190	1	18.95	b	KÖ - 190 2	-4.283**	190 1-212 2	-7.306**
	190	2	20.51	c	KÖ - 212 1	-8.249**	190 2-212 1	-3.966**
	212	1	24.48	d	KÖ - 212 2	-10.030**	190 2-212 2	-5.747**
	212	2	26.26	e	190 1-190 2	-1.559	212 1-212 2	-1.781

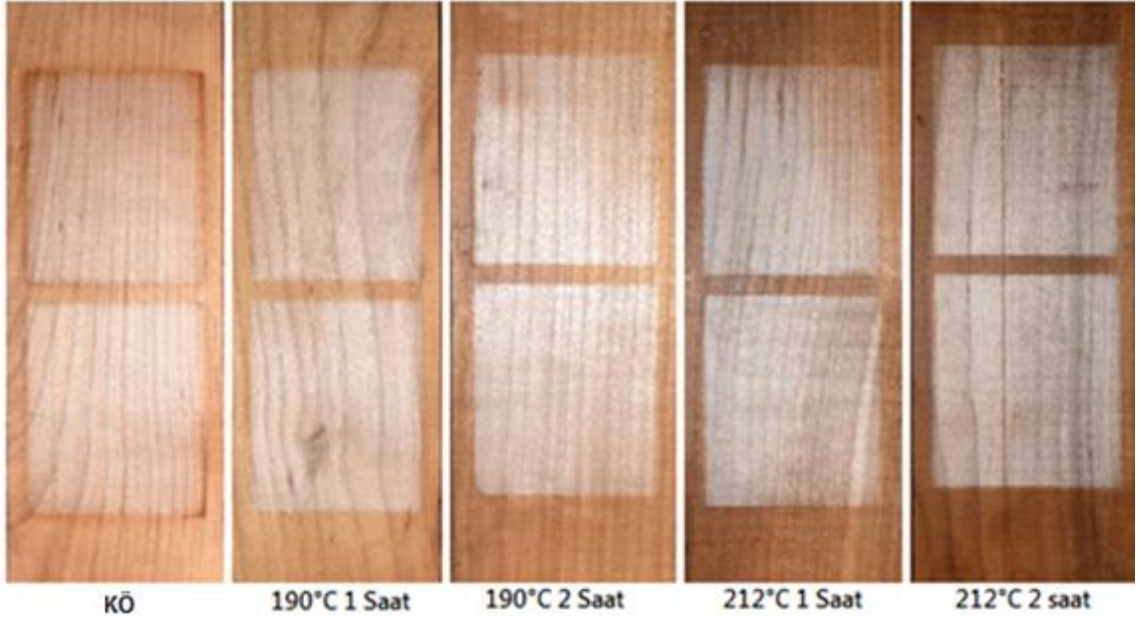
(**) P<0.05 düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Kırmızı renk tonu(a*) değerinde, her iki sıcaklığa ait varyasyonların kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır. Aynı şekilde sarı renk tonu(b*)'nda 212°C sıcaklık varyasyonlarının kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a* ve b* değişim oranları ile ΔE* değerlerinin değişimi Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20. 576 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a* ve b* değişimi (%) ve ΔE*.

Isıl işlem görmüş Yabani Kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası görünüşler Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. 576 saat yaşlandırma sonrası test örneklerinin görünüşü.

- 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ’ne göre belirlenen L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.49’de verilmiştir.

Çizelge 3.49. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ’ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_{\bar{0}}$	$S_{\bar{0}}$	\bar{X}	SS	ED	EY
L^*	KÖ	-	72.76	60.12	12.63	3.40	7.99	1973
	190	1	55.77	61.27	-5.49	2.56	-10.74	-1.49
	190	2	49.65	60.93	-11.27	2.14	-15.03	-7.48
	212	1	42.86	56.91	-14.05	1.75	-16.51	-9.04
	212	2	39.66	54.53	-14.06	1.57	-17.64	-13.18
a^*	KÖ	-	5.70	7.52	-1.81	1.29	-4.51	-0.04
	190	1	8.32	4.31	4.00	0.35	3.14	4.47
	190	2	9.64	3.92	5.72	0.38	4.86	6.22
	212	1	9.75	3.03	6.72	0.43	6.14	7.73
	212	2	8.89	2.76	6.12	0.39	5.62	6.88
b^*	KÖ	-	23.85	14.41	9.43	1.37	6.65	11.15
	190	1	24.8	9.08	15.71	0.88	13.82	16.87
	190	2	23.23	7.55	15.68	0.86	13.74	16.89
	212	1	18.55	5.57	12.98	1.01	10.72	14.45
	212	2	16.81	5.35	11.46	1.82	8.46	13.78
ΔE^*	KÖ	-	-	-	16.12	2.53	12.96	21.30
	190	1	-	-	17.25	1.64	14.25	20.48
	190	2	-	-	20.22	1.46	17.56	22.58
	212	1	-	-	20.33	1.30	17.93	22.50
	212	2	-	-	19.87	1.32	17.85	22.36

Yabani Kiraz odunu 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan en büyük L* 212°C ve 2 saat İİGTÖ'nde -14,06, en küçük L* 190°C 1 saat İİGTÖ'nde -5,49 olarak belirlenmiştir.

En büyük a* 212°C 1 saat İİGTÖ'nde 6,72, en küçük a* değişimi KÖ'nde -1,81 olarak belirlenmiştir.

En büyük b* 190°C ve 1 İİGTÖ'nde 15,71, en küçük b* değişimi KÖ inde 9,43 olarak belirlenmiştir. 5

76 saat yaşlandırma sonrası en büyük ΔE^* 212°C ve 1 saat İİGTÖ'nde 20,33, en küçük İİGTÖ'nde 16,12 olarak belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.50'de verilmiştir.

Çizelge 3.50. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE^* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	10337.22	4	2584.30	455.955	0.000
	Gruplar arası	538.45	95	5.668		
	Toplam	10875.67	99			
a*	Gruplar içi	971.100	4	242.77	524.249	0.000
	Gruplar arası	43.994	95	0.463		
	Toplam	1015.09	99			
b*	Gruplar içi	593.413	4	148.353	95.700	0.000
	Gruplar arası	147.269	95	1.550		
	Toplam	740.682	99			
ΔE^*	Gruplar içi	300.165	4	75.041	25.427	0.000
	Gruplar arası	280.371	95	2.951		
	Toplam	580.535	99			

**) $P \leq 0.05$

576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE^* değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçlarının ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.51'de verilmiştir.

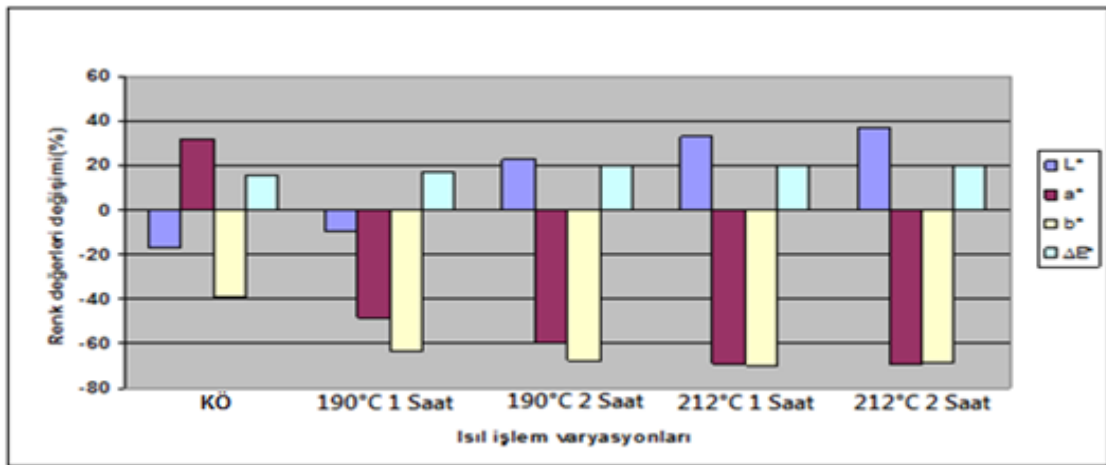
Duncan testi sonuçlarına göre renk değerlerinde tüm İİGTÖ ile KÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Renk parlaklığı (L*)'nda, 212°C 1 ve 2 saat varyasyonlarının L* değişimleri arasında, kırmızı ren tonu (a*)'nda

varyasyonların 2 saatlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.51. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	12.63	d	KÖ - 190 1	18.122**	190 1-212 1	8.559**
	190	1	-5.49	c	KÖ - 190 2	23.910**	190 1-212 2	9.379**
	190	2	-11.27	b	KÖ - 212 1	26.681**	190 2-212 1	2.771**
	212	1	-14.05	a	KÖ - 212 2	27.501**	190 2-212 2	3.590**
	212	2	-14.06	a	190 1 -190 2	5.788**	212 1-212 2	0.819
a*	KÖ	-	-1.81	a	KÖ - 190 1	-5.818**	190 1-212 1	-2.716**
	190	1	4.00	b	KÖ - 190 2	-7.352**	190 1-212 2	-2.119**
	190	2	5.72	c	KÖ - 212 1	-8.534**	190 2-212 1	-1.002**
	212	1	6.72	d	KÖ - 212 2	-7.938**	190 2-212 2	-0.406
	212	2	6.12	c	190 1 -190 2	-1.713**	212 1-212 2	0.596
b*	KÖ	-	9.43	a	KÖ - 190 1	-6.284**	190 1-212 1	2.733**
	190	1	15.71	d	KÖ - 190 2	-6.250**	190 1-212 2	4.259**
	190	2	15.68	d	KÖ - 212 1	-3.551**	190 2-212 1	2.699**
	212	1	12.98	c	KÖ - 212 2	-2.025**	190 2-212 2	4.225**
	212	2	11.46	b	190 1 -190 2	0.034	212 1-212 2	1.525**
ΔE^*	KÖ	-	16.12	a	KÖ - 190 1	-1.129	190 1-212 1	-3.080**
	190	1	17.25	b	KÖ - 190 2	-4.098**	190 1-212 2	-2.959**
	190	2	20.22	c	KÖ - 212 1	-4.210**	190 2-212 1	-0.112
	212	1	20.33	c	KÖ - 212 2	-3.720**	190 2-212 2	0.377
	212	2	19.87	c	190 1 -190 2	-2.968**	212 1-212 2	0.490

Sarı renk tonu(b*) değerinde 190°C sıcaklık varyasyonları, ΔE^* değerlerinin ise 190°C sıcaklık 2 saat ve 212°C sıcaklık varyasyonları arasında fark bulunmamıştır. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a* ve b* değişim oranları ile ΔE^* Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. 576 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a* ve b* değişimi (%) ve ΔE^* .

864 saat yaşlandırma sonrası L^* , a^* , b^* ve ΔE Değerlerine Ait Bulgular

- 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'nin KÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.52'de verilmiştir.

Çizelge 3.52. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_{\bar{a}}$	$S_{\bar{a}}$	\bar{X}	SS	ED	EY
L^*	KÖ	-	72.66	61.62	11.03	4.66	4.61	16.99
	190	1	72.66	65.92	6.73	2.27	3.75	10.40
	190	2	72.66	68.20	4.45	1.17	3.05	6.68
	212	1	72.66	63.90	8.75	2.40	5.49	12.12
	212	2	72.66	58.52	14.13	2.60	10.81	17.88
a^*	KÖ	-	5.55	6.40	-0.86	1.41	-2.60	1.08
	190	1	5.55	2.91	2.63	0.67	1.30	3.44
	190	2	5.55	2.39	3.14	0.44	2.41	3.72
	212	1	5.55	2.01	3.53	0.59	2.67	4.29
	212	2	5.55	1.72	3.82	0.60	2.87	4.54
b^*	KÖ	-	24.07	12.43	11.73	1.58	8.46	13.37
	190	1	24.07	7.28	16.78	0.91	15.32	18.49
	190	2	24.07	6.13	17.93	1.48	16.15	20.11
	212	1	24.07	4.10	19.97	0.87	18.76	2.146
	212	2	24.07	3.57	20.49	1.23	19.01	22.33
ΔE^*	KÖ	-	-	-	16.65	2.89	13.13	20.87
	190	1	-	-	18.39	1.45	16.47	20.87
	190	2	-	-	18.78	1.55	16.89	21.06
	212	1	-	-	22.18	1.54	20.34	24.17
	212	2	-	-	25.42	2.34	22.51	28.67

Elde edilen sonuçlara göre, en büyük L^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 14,13, en küçük L^* değişimi 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 4,45 olarak belirlenmiştir.

En büyük a^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 3,82, en küçük a^* değişimi KÖ'nde -0,86 olarak belirlenmiştir.

En büyük b^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 20,49, en küçük b^* değişimi KÖ'nde 11,73 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* değişimi 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 25,42, en küçük ΔE^* değişimi KÖ'nde 16,65 olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odunu 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.53'de verilmiştir.

Çizelge 3.53. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	1127.319	4	281.830	34.420	0.000
	Gruplar arası	777.856	95	8.188		
	Toplam	1905.175	99			
a*	Gruplar içi	291.033	4	72.758	107.631	0.000
	Gruplar arası	64.220	95	0.676		
	Toplam	355.252	99			
b*	Gruplar içi	979.958	4	244.989	156.790	0.000
	Gruplar arası	148.441	95	1.563		
	Toplam	1128.398	99			
ΔE*	Gruplar içi	946.064	4	236.516	56.872	0.000
	Gruplar arası	395.077	95	4.159		
	Toplam	1341.141	99			

864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* değerlerine ilişkin BVA sonuçları arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

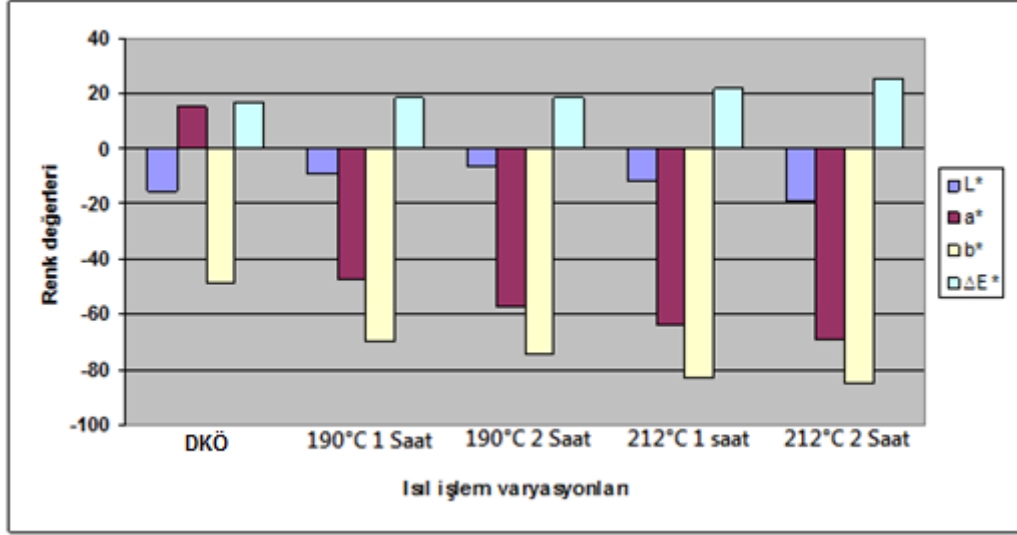
Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.54'de verilmiştir.

Çizelge 3.54. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre renk değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

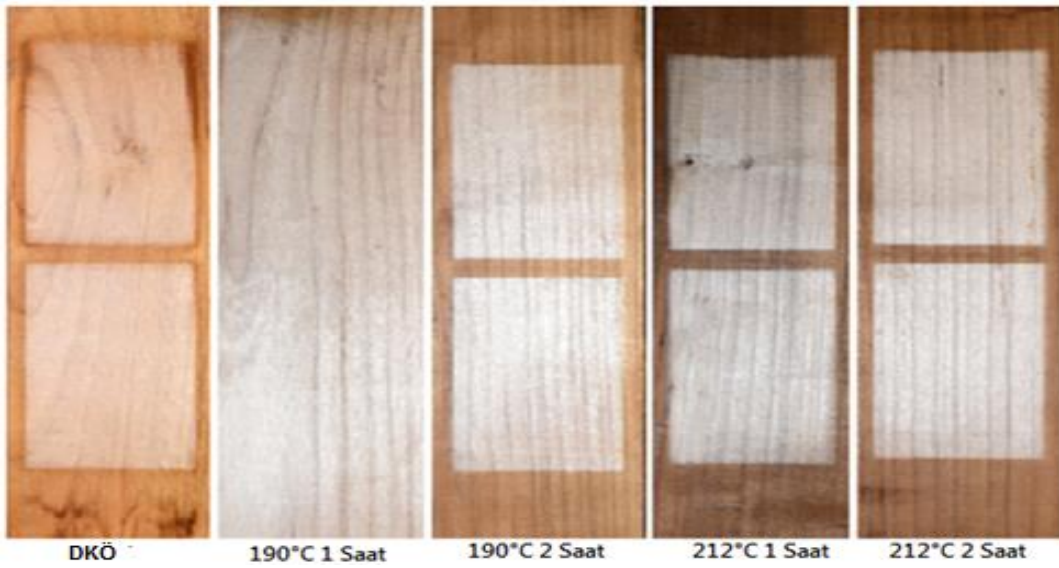
	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	11.03	d	KÖ - 190 1	4.307**	190 1-212 1	-2.025
	190	1	6.73	b	KÖ - 190 2	6.580**	190 1-212 2	-7.404**
	190	2	4.45	a	KÖ - 212 1	2.281**	190 2-212 1	-4.299**
	212	1	8.75	c	KÖ - 212 2	-3.097	190 2-212 2	-9.678**
	212	2	14.13	e	190 1 -190 2	2.273	212 1-212 2	-5.379**
a*	KÖ	-	-0.86	a	KÖ - 190 1	-3.497**	190 1-212 1	-0.898**
	190	1	2.63	b	KÖ - 190 2	-4.012**	190 1-212 2	-1.187**
	190	2	3.14	b	KÖ - 212 1	-4.395**	190 2-212 1	-0.383
	212	1	3.53	c	KÖ - 212 2	-4.684**	190 2-212 2	-0.672
	212	2	3.82	c	190 1 -190 2	-0.514	212 1-212 2	-0.289
b*	KÖ	-	11.73	a	KÖ - 190 1	-5.058**	190 1-212 1	-3.184**
	190	1	16.78	b	KÖ - 190 2	-6.208**	190 1-212 2	-3.705**
	190	2	17.93	c	KÖ - 212 1	-8.242**	190 2-212 1	-2.034**
	212	1	19.97	d	KÖ - 212 2	-8.763**	190 2-212 2	-2.555**
	212	2	20.49	d	190 1 -190 2	-1.150**	212 1-212 2	-0.521
ΔE*	KÖ	-	16.65	a	KÖ - 190 1	1.740**	190 1-212 1	-3.798**
	190	1	18.39	b	KÖ - 190 2	-2.134**	190 1-212 2	-6.857**
	190	2	18.78	b	KÖ - 212 1	-5.539**	190 2-212 1	-3.404**
	212	1	22.18	c	KÖ - 212 2	-8.597**	190 2-212 2	-6.463**
	212	2	25.42	d	190 1 -190 2	-0.393	212 1-212 2	-3.058**

**) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre renk değerlerinde, KÖ ile tüm İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. a^* değerinde, 190°C ve 212°C sıcaklık varyasyonlarının kendi içlerinde, b^* değerinde 212°C sıcaklık varyasyonları ve ΔE^* 190°C sıcaklık varyasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı anlaşılmıştır. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* , ve b^* değişim oranları ile ΔE değerlerinin değişimi Şekil 3.23'de verilmiştir.



Şekil 3.23. 864 saat yaşlandırma sonrası KÖ'ne göre L^* , a^* ve b^* değişimi (%) ve ΔE^* . Isıl işlem görmüş yabani kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası görünüşler Şekil 3.24'de verilmiştir.



Şekil 3.24. 864 saat yaşlandırma sonrası test örneklerinin görünüşü.

- Isıl işlem görmüş test örneklerinin 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre renk değerlerinde meydana gelen değişimlere ait istatistikler Çizelge 3.55'de verilmiştir..

Çizelge 3.55. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a* b* ve ΔE^* değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_{\bar{a}}$	$S_{\bar{a}}$	\bar{X}	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	74.17	61.62	12.55	3.64	7.40	17.34
	190	1	55.46	65.92	-10.46	0.78	-11.89	-8.96
	190	2	50.83	68.20	-17.36	1.18	-18.72	-14.15
	212	1	39.27	63.90	-24.62	1.13	-26.09	-22.48
	212	2	36.99	58.52	-21.52	1.06	-23.37	-19.80
a*	DÖ	-	4.70	6.40	-1.70	1.16	-3.26	0.14
	190	1	8.24	2.91	9.05	0.28	4.57	6.07
	190	2	9.50	2.39	7.10	0.31	6.14	7.44
	212	1	8.86	2.01	6.84	0.18	6.41	7.15
	212	2	7.51	1.72	5.79	0.31	5.15	6.22
b*	DÖ	-	25.02	12.34	12.68	1.51	9.83	14.97
	190	1	24.72	7.28	17.43	0.54	16.41	18.27
	190	2	24.24	6.13	18.11	0.77	16.69	19.21
	212	1	16.34	4.10	12.24	0.37	11.30	12.76
	212	2	13.31	3.57	9.73	0.56	8.72	10.41
ΔE^*	KÖ	-	-	-	18.29	1.72	16.02	20.88
	190	1	-	-	21.03	0.70	19.25	22.04
	190	2	-	-	26.08	1.32	22.73	27.45
	212	1	-	-	28.34	1.07	26.32	29.70
	212	2	-	-	24.34	0.68	23.19	25.54

Yabani Kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre belirlenen renk değerlerinde en büyük L* 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde -24,62, en küçük L* KÖ'nde 12,55 olarak belirlenmiştir.

En büyük a* 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 9,05, en küçük a* değişimi KÖ'nde - 1,70 olarak belirlenmiştir.

En büyük b* 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 18,11, en küçük b* 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 9,73 olarak belirlenmiştir.

En büyük ΔE^* 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 28,34, en küçük ΔE^* KÖ'nde 18,29 olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odunu 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ 'ne göre L*, a*, b* ve ΔE^* değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.56'de verilmiştir.

Çizelge 3.56. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* değişimine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplam	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri**
L*	Gruplar içi	17675.45	4	4418.86	1244.09	0.000
	Gruplar arası	337.42	95	3.552		
	Toplam	18012.88	99			
a*	Gruplar içi	1059.68	4	264.92	791.82	0.000
	Gruplar arası	31.78	95	0.335		
	Toplam	1091.46	99			
b*	Gruplar içi	1035.06	4	258.76	354.04	0.000
	Gruplar arası	69.43	95	0.731		
	Toplam	1104.49	99			
ΔE*	Gruplar içi	1280.47	4	320.11	233.34	0.000
	Gruplar arası	130.32	95	1.372		
	Toplam	1410.80	99			

***) P≤0.05

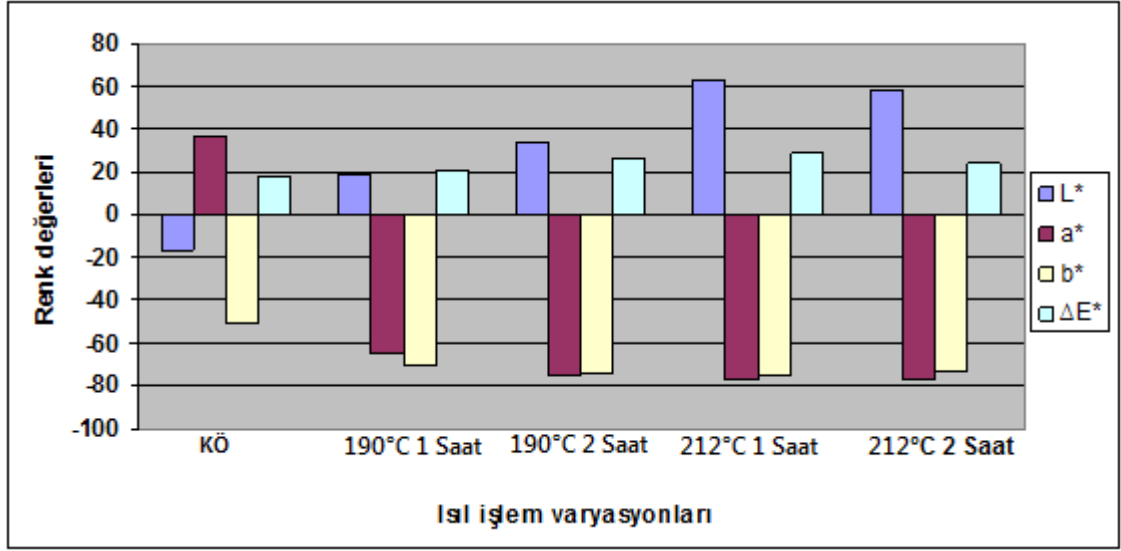
864 yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre hesaplanan L*, a*, b* ve ΔE* değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları (P≤0.05) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve etkileşimleri Çizelge 3.57'de verilmiştir.

Çizelge 3.57. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L*, a*, b* ve ΔE* ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	12.55	e	KÖ - 190 1	23.01**	190 1-212 1	14.16**
	190	1	-10.46	d	KÖ - 190 2	29.91**	190 1-212 2	11.06**
	190	2	-17.36	c	KÖ - 212 1	37.17**	190 2-212 1	7.26**
	212	1	-24.62	b	KÖ - 212 2	34.08**	190 2-212 2	4.16**
	212	2	-21.52	a	190 1 -190 2	6.90**	212 1-212 2	-3.09**
a*	KÖ	-	-1.70	a	KÖ - 190 1	-7.03**	190 1-212 1	-1.51**
	190	1	9.05	b	KÖ - 190 2	-8.81**	190 1-212 2	-0.45
	190	2	7.10	d	KÖ - 212 1	-8.54**	190 2-212 1	0.26
	212	1	6.84	d	KÖ - 212 2	-7.49**	190 2-212 2	1.31**
	212	2	5.79	c	190 1 -190 2	-1.77**	212 1-212 2	1.05**
b*	KÖ	-	12.68	b	KÖ - 190 1	-4.75**	190 1-212 1	5.19**
	190	1	17.43	c	KÖ - 190 2	-5.43**	190 1-212 2	7.70**
	190	2	18.11	d	KÖ - 212 1	0.43	190 2-212 1	5.86**
	212	1	12.24	b	KÖ - 212 2	2.95**	190 2-212 2	8.38**
	212	2	9.73	a	190 1 -190 2	-0.67	212 1-212 2	2.51**
ΔE*	KÖ	-	18.29	a	KÖ - 190 1	-2.74**	190 1-212 1	-7.31**
	190	1	21.03	b	KÖ - 190 2	-7.79**	190 1-212 2	-3.31**
	190	2	26.08	d	KÖ - 212 1	-10.05**	190 2-212 1	-2.26**
	212	1	28.34	e	KÖ - 212 2	-6.05**	190 2-212 2	1.73**
	212	2	24.34	c	190 1 -190 2	-5.051*	212 1-212 2	4.00**

Duncan testi sonuçlarına göre b* değerlerinde KÖ ile İİGTÖ arasında 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ hariç istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , ve b^* değişim oranları ile ΔE^* değerlerinin değişimi Şekil 3.25'de verilmiştir.



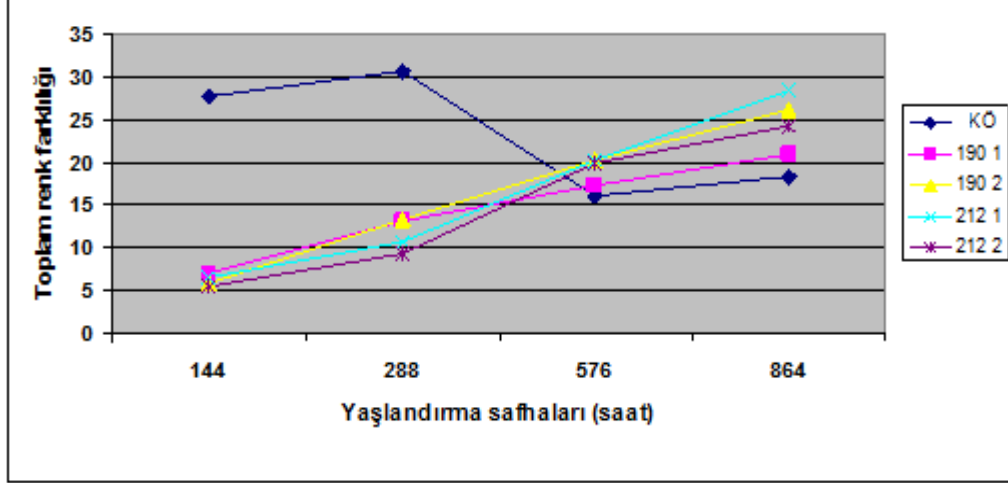
Şekil 3.25. 864 saat yaşlandırma sonrası İİGTÖ'ne göre L^* , a^* , ve b^* değişimi (%) ve ΔE^* .

3.1.5.3. Yaşlandırma Sonrası Renk Değerlerine İle İlgili İrdeleme

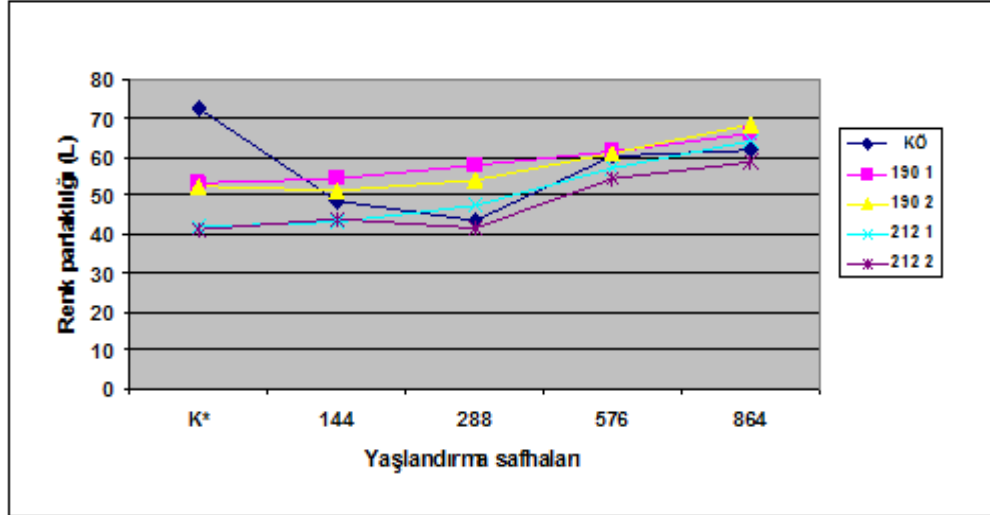
Yapay yaşlandırma sonrasında Yabani Kiraz odununa ait tüm varyasyonlarda renk değişmiş ve yüzey gri görünüm almıştır. Her bir varyasyonun kendi içinde ısıl işlem ve yaşlandırma sonrası yapılan değerlendirmeye göre yaşlandırmanın ilk iki safhasında (144 ve 288 saat) İİGTÖ ile KÖ'nin ΔE^* değişimi farklılık arz etmektedir. KÖ ΔE^* değişimi İİGTÖ ΔE^* değişimine göre önemli miktarda fazla olmuştur. Yaşlandırmanın son iki safhasında KÖ'nin L^* değerlerindeki değişim sonucu renk parlaklığının artması, tüm varyasyonların ΔE^* değişimleri birbirlerine çok yakın değerler almıştır. Başlangıçta İİGTÖ renk değişimine karşı daha stabil olmakla birlikte uzun süreli yaşlandırmanın doğal ve ısıl işlem görmüş Yabani kiraz odununda birbirine yakın renk değişimlerine sebep olduğu görülmektedir. Hava şartlarına maruz kalma veya ultraviyole radyasyonu, özellikle yüzey işlemleri yapılmamışsa, rengi griye doğru soldurur (TS CEN/TS 15679).

Test örneklerinin ΔE^* davranışının altındaki nedenleri açıklayabilmek için L^* , a^* ve b^* değerlerinin analize edilmesi yararlı olacaktır. Yaşlandırmanın başlangıcında L^* değerlerinin ısıl işlem görmüş test örneklerinde çok az değişime uğramış olduğu Şekil 3.27'da açıkça görülmektedir.

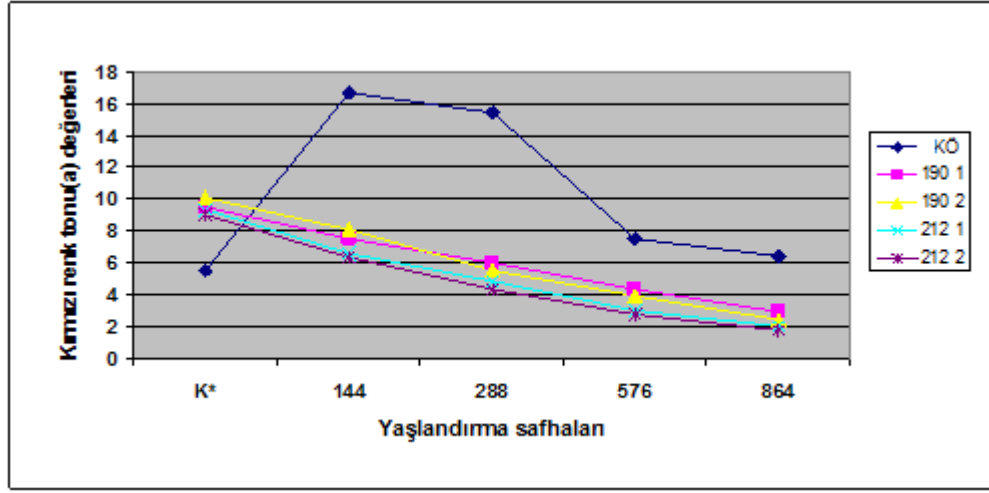
Yaşlandırmanın başlangıcında İİGTÖ'nde görülen ΔE^* artışı, esasen a^* ve b^* değerlerindeki değişimden kaynaklanmaktadır. KÖ'nde ise her üç renk değeri de önemli oranda değişmiş ve sonuçta yaşlandırmanın başlangıcında ve devamında yüksek ΔE^* oluşmasına karşılık, 576 saatlik yaşlandırmadan itibaren KÖ' nin aldığı renk değerleri İİGTÖ renk değerlerine çok yakın olarak belirlenmiştir.



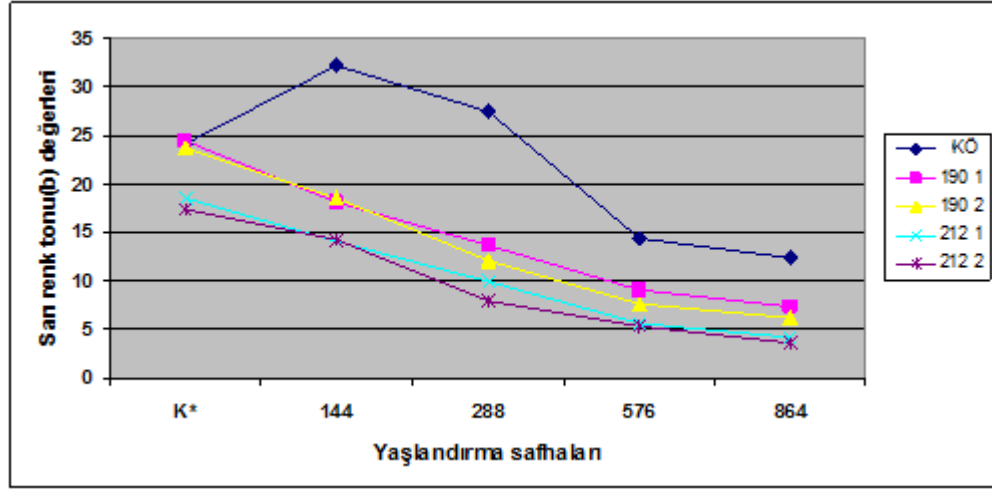
Şekil 3.26. Yaşlandırma ile meydana gelen ΔE^* .



Şekil 3.27. Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası L^* değişimi (K^* , ısıl işlem sonrası İİGTÖ ile KÖ'nde ölçülen değerleri ifade etmektedir. Yaşlandırma süresi saat olarak verilmiştir).



Şekil 3.28. Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası a* değişimi.



Şekil 3.29. Isıl işlem ve yaşlandırma sonrası b* değişimi.

Benzer sonuçlar Huang ve diğ. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada da ortaya konmuştur. Çalışmalarında ağaç örneklerinde ısıl işlem ile koyulaşan rengin 1512 saatlik yapay yaşlandırma sonrasında hem ısıl işlem görmüş hem de ısıl işlem görmemiş örneklerde daha açık olduğunu belirtmişlerdir. Isıl işlem süresince odun renginin koyulaşmasının hemiselülozların bozunması ve odunda lignin miktarının artmasının sonucu olduğunu, ancak aynı çalışmada odunda ısıl işlem sonrasında artan lignin oranının 1512 saat yaşlandırma sonrasında yaklaşık %2-3'lere gerilediğini ifade etmişlerdir. Çalışmada ayrıca ekstraktifler dahil odun yapısını oluşturan bileşiklerden sadece holoselüloz miktarının arttığı ve %90'ların üzerinde yapıyı teşkil ettiğini bulmuşlardır. Yaşlandırma mekanizmasının, lignin matrisi ve ekstraktif maddelerde

degradasyon ile odunun rengini açtığını, yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma safhası ile renk farklılığının arttığını belirtmişlerdir.

Huang ve diğ. (2012), ısıtıl işlem uygulanmış Jack pine(*Pinus banksiana*)'da 1500 saatlik yaşlandırma sonunda KÖ ile İİGTÖ'nde benzer renk değerleri (L*, a*, b*) elde ettiklerini, yaşlandırma süresi arttıkça daha açık ve beyaz renk elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Dubey ve diğ.(2010) ısıtıl işlem uygulanmış ağaç malzemedede 2100 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında renk değişimini inceledikleri çalışmalarında, KÖ'nde ısıtıl işlem görmüşlerin rengine göre daha fazla değişim ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Isıtıl işlemin 160 ve 180°C sıcaklıklarda uygulandığı örneklerin rengine hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında solma olmamasına karşılık 210°C'de ısıtıl işlem görmüş odunda küçük miktarda solma meydana getirdiğini, ısıtıl işlem görmüş odunda renk stabilitesinin daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir.

Ayadi ve diğ. (2003), hızlandırılmış yaşlandırma yaptıkları çalışmalarında 835 saat sonunda ısıtıl işlem görmüş test örneklerinin renk stabilitesinin ısıtıl işlem görmemiş olanlardan daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Bunun ısıtıl işlem görmüş odunun yapısındaki değişimlerden dolayı (lignin modifikasyonu ve fenolik bileşiklerin monomerleri) UV ışınlarına karşı daha dirençli hale gelmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Diğer taraftan, ısıtıl işlem görmüş ancak yüzey işlemi uygulanmamış ağaç malzemelerin UV ışınlarından ısıtıl işlem görmemiş ağaç malzemeye benzer şekilde etkilendiği, UV ışınlarının yüzeylerin gri görünmesine ve zamanla antik görünüş kazanmasına sebep olduğu, ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemedede doğal görüntünün korunabilmesi için yüzey işlemi uygulanması gerektiği bildirilmektedir (Thermowood Handbook 2003).

Browne (1970), yaptığı çalışmada, lignin bozunmasını, doğal dış ortam sonrası ve hızlandırılmış dış ortam yaşlandırma cihazında kavak ağacı örneklerinde analiz etmiş ve 2400 saat'in sonunda, 5 yıl sonraki dış ortam şartlarına ulaşmıştır. Feist ve Hon (1984) elektron mikroskopunu kullanarak yaptıkları incelemelerde; tüm lifler içinde en dayanıklı kısmın mikrofibrillerde olduğunu saptamıştır. Hücre çeperinin farklı tabakalarındaki ayrışmaların, mikrofibril ve tabakalar arasındaki adezyonun kaybıyla gerçekleştiğini, lifsel yapılardaki zayıflıktan dolayı ağaç malzemedeki boşluk ve

açıklıkların genişlemekte olduğunu, fakat ağaç malzemedeki bu bozunmanın 2-3 mm'lik yüzey kısımlarında oluşmakta olduğunu belirlemişlerdir (Çakıcıer 2007).

Feist ve Hon (1984), 500 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma ortam testine bırakılan örnekler üzerinde elektron mikroskobu ile çalışmışlardır. Çalışmada örneklerin enine kesitinde hücre çeperlerinin orta lamelden ayrıldığı, hatta sekonder çeperin bütünüyle hücre çekmesine (kollapsa) uğradığı, yüzeylerin pürüzlü hale geldiği belirlenmiştir. Bekletme süresi 1000 saate çıkarıldığında ise; traheit çeperlerindeki kenarlı geçitlerin tamamen tahrip olduğu gözlenmiştir. 500 saatlik denemeye bırakılan örneklerin rengi, soluk sarı olurken, 1000 saatlik bekletmeye maruz bırakılan örneklerin rengi ise açık kahverengi ile koyu kahverengi olarak gözlemlenmiştir. Radyal kesitlerde ise; odunun anatomik yapısında meydana gelen ilk değişiklik geçitlerde olmuştur. 500 saatlik UV etkisine maruz bırakılan örneklerde, yarı kenarlı geçitlerin hasar gördüğü belirlenmiştir.

Pizzi ve Dailing (1980), dış ortamda bırakılan odunda oluşan değişimlerin hücreler arası bozunmalara yol açtığını; dış ortam tesiri altında kalan gri tabakanın tamamına yakınının selüloz içerdiğini bildirmiştir.

Stamm (1978), yaptığı çalışmada ağaç malzemeyi 20 yıl süre ile dış ortama bırakmış, bu süre sonunda odunda lignin'in bozunduğunu, üst yüzey kısımları hariç selülozun oldukça az etkilendiğini belirlemiştir.

Yabani Kiraz odunu örneklerinde yaşlandırma uygulanmış örneklerde yapılan gözlemlerde 144 saat yaşlandırma uygulamasından itibaren kontrol örnekleri hariç yüzey tabakalarının grileşmeye başladığı, 576 saat yaşlandırma ile birlikte tüm test örneklerinde önemli oranda grileşme meydana geldiği belirlenmiştir. Yaşlandırma görmüş örneklerde lignin miktarı önemli oranda azalmış olup, ısı işlemi hemiselülozları önemli oranda degrade ettiği düşünülürse yaşlandırma sonrası yüzeylerde görülen gri tabakadan selüloz mevcudiyetinin sorumlu olduğu söylenebilir.

3.1.6. Parlaklık

3.1.6.1. Isıl İşlem Sonrası Parlaklık

Isıl işlem sonrası belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.58'de verilmiştir.

Çizelge 3.58. Isıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	\bar{X}	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	3.66	0.29	3.30	4.30
	190	1	3.04	0.24	2.60	3.50
	190	2	2.69	0.28	2.30	3.40
	212	1	2.72	0.12	2.50	3.00
	212	2	1.82	0.17	1.60	2.20
Liflere paralel	KÖ	-	5.02	0.86	3.90	6.40
	190	1	3.60	0.48	3.10	4.80
	190	2	3.17	0.29	2.70	4.00
	212	1	3.36	0.21	3.10	3.80
	212	2	2.26	0.34	1.70	2.80
Ortalama parlaklık	KÖ	-	4.34	0.53	3.75	5.30
	190	1	3.32	0.33	2.90	4.10
	190	2	2.93	0.23	2.65	3.65
	212	1	3.04	0.12	2.80	3.25
	212	2	2.04	0.22	1.65	2.50

Isıl işlem sonrası elde edilen parlaklık sonuçlarına en yüksek parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön, liflere paralel yön ve ortalama olmak üzere 3,66, 5,02 ve 4,34 olarak KÖ’nde belirlenmiştir. En düşük parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön, liflere paralel yön ve ortalama olmak üzere 1,82, 2,26 ve 2,04 olarak 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.59’de verilmiştir.

Çizelge 3.59. Isıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	35.502	4	8.876	160.316	0.000
	Gruplar arası	5.260	95	0.055		
	Toplam	40.762	99			
Liflere paralel	Gruplar içi	79.698	4	19.924	80.786	0.000
	Gruplar arası	23.430	95	0.247		
	Toplam	103.128	99			
Ortalama parlaklık	Gruplar içi	54.726	4	13.682	132.252	0.000
	Gruplar arası	9.828	95	0.103		
	Toplam	64.554	99			

*) $P \leq 0.05$

Çizelge 3.59’de KÖ ile İİGTÖ parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre, liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.60'te verilmiştir.

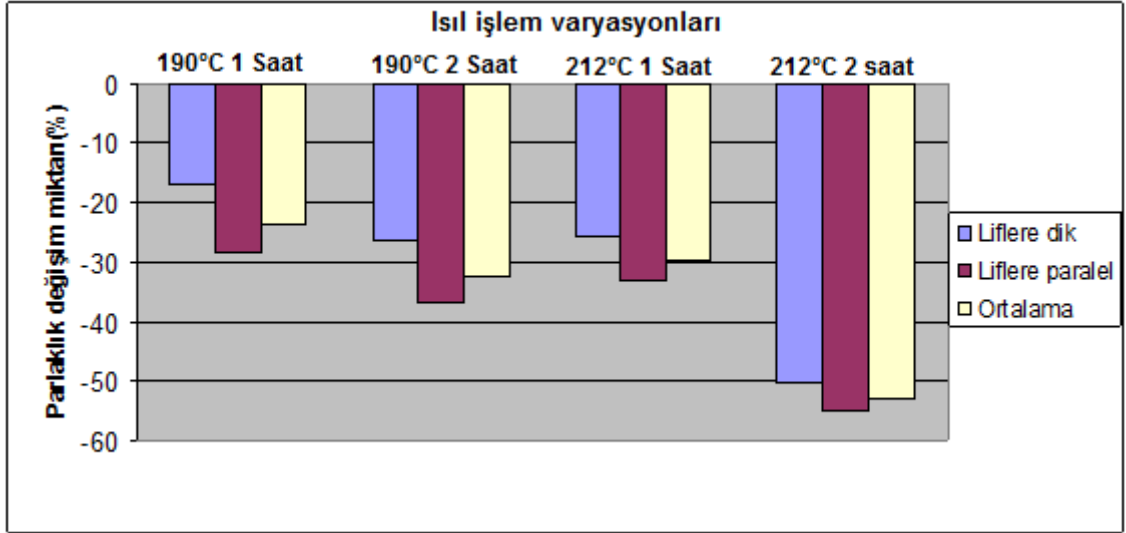
Çizelge 3.60. Isıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Liflere dik	KÖ	-	3.66	a	KÖ - 190 1	0.62*	190 1-212 1	0.32*
	190	1	3.04	b	KÖ - 190 2	0.97*	190 1-212 2	1.22*
	190	2	2.69	c	KÖ - 212 1	0.94*	190 2-212 1	-0.03
	212	1	2.72	c	KÖ - 212 2	1.84*	190 2-212 2	0.87*
	212	2	1.82	d	190 1 -190 2	0.35*	212 1-212 2	0.90*
Liflere paralel	KÖ	-	5.02	a	KÖ - 190 1	1.42*	190 1-212 1	0.24
	190	1	3.60	b	KÖ - 190 2	1.85*	190 1-212 2	1.34*
	190	2	3.17	c	KÖ - 212 1	1.66*	190 2-212 1	-0.19
	212	1	3.36	c	KÖ - 212 2	2.76*	190 2-212 2	0.91*
	212	2	2.26	d	190 1 -190 2	0.43	212 1-212 2	1.10*
Ortalama parlaklık	KÖ	-	4.34	a	KÖ - 190 1	1.02*	190 1-212 1	0.28
	190	1	3.32	b	KÖ - 190 2	1.41*	190 1-212 2	1.28*
	190	2	2.93	c	KÖ - 212 1	1.30*	190 2-212 1	-0.11
	212	1	3.04	c	KÖ - 212 2	2.30*	190 2-212 2	0.89*
	212	2	2.04	d	190 1 -190 2	0.39*	212 1-212 2	1.00*

(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir. HG: Homojenlik grubu

Duncan testi sonuçlarına göre liflere dik, paralel ve ortalama parlaklık değerlerinde ısıl KÖ ile İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ'nde liflere dik ve paralel yön ile ortalama parlaklık değerlerinin 190°C 2 sıcaklık saat ve 212°C sıcaklık 1 saat değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda parlaklık değerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 3.58). Yüksek ısıl işlem sıcaklığı ve uzun ısıl işlem uygulamalarında parlaklık değerindeki azalma miktarının arttığı hem Çizelge 3.60'dan hem de Şekil 3.30'deki oransal değişimden anlaşılmaktadır. Diğer taraftan liflere paralel yöndeki parlaklık değerlerinin liflere dik yöndeki parlaklık değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.30. Isıl işlem sonrası İİGTÖ’nde KÖ’ne göre parlaklık değişimi (%).

Aksoy ve diğ.(2011), yaptıkları çalışmada ısıtım sıcaklığı ve süresinin artışı ile birlikte parlaklık değerlerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Çakıcıer ve diğ. (2011) ve Korkut ve diğ.(2013) daha önceki çalışmalarında ifade edilmiştir.

Isıl işlem sonrası Yabani kiraz odununda parlaklık azalması hücre çeperi ana bileşenlerinin değişiminden kaynaklanmış olabilir. Özellikle ısıtım sıcaklığına bağlı olarak hemiselüloz miktarındaki kayıpların artması, lignin miktarının göreceli olarak fazlalaşması ağaç malzemedeki parlaklık kaybına yol açmış olabilir.

3.1.6.2. Yaşlandırma Sonrası Parlaklık

144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ait bulgular

Yabani Kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.61’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre Yabani kiraz odununda 144 saat yaşlandırma sonrası elde edilen sonuçlara göre liflere dik parlaklık değeri en yüksek 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 3,93, en düşük KÖ’nde 1,22 olarak, liflere paralel yönde en yüksek 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 4,46, en düşük KÖ’nde 1,79, ortalama parlaklık değeri en yüksek 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 4,19, en düşük KÖ’nde 1,50 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.61. 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X}	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	1.22	0.75	0.40	2.60
	190	1	3.93	0.46	3.00	4.60
	190	2	2.16	0.28	1.60	2.70
	212	1	2.15	0.41	1.40	2.70
	212	2	2.09	0.31	1.30	2.80
Liflere paralel	KÖ	-	1.79	0.92	0.70	3.20
	190	1	4.46	0.73	3.40	6.20
	190	2	3.00	0.27	2.40	3.50
	212	1	2.97	0.48	2.00	3.60
	212	2	2.61	0.41	2.00	3.60
Ortalama parlaklık	KÖ	-	1.50	0.81	0.55	2.90
	190	1	4.19	0.51	3.20	5.10
	190	2	2.58	0.19	2.15	2.90
	212	1	2.55	0.39	1.95	3.15
	212	2	2.35	0.30	1.95	3.10

Yabani kiraz odununda 144 yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.62’de verilmiştir.

Çizelge 3.62. 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	78.532	4	19.633	85.643	0.000
	Gruplar arası	21.778	95	0.229		
	Toplam	100.310	99			
Liflere paralel	Gruplar içi	74.553	4	18.638	49.321	0.000
	Gruplar arası	35.901	95	0.378		
	Toplam	110.454	99			
Ortalama parlaklık	Gruplar içi	76.002	4	19.001	78.603	0.000
	Gruplar arası	22.964	95	0.242		
	Toplam	98.966	99			

*) $P \leq 0.05$

Çizelge 3.62’de 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi 144 saat yaşlandırma sonrası liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerlerine ait duncan testi ve etkileşim değerleri Çizelge 3.63’de verilmiştir.

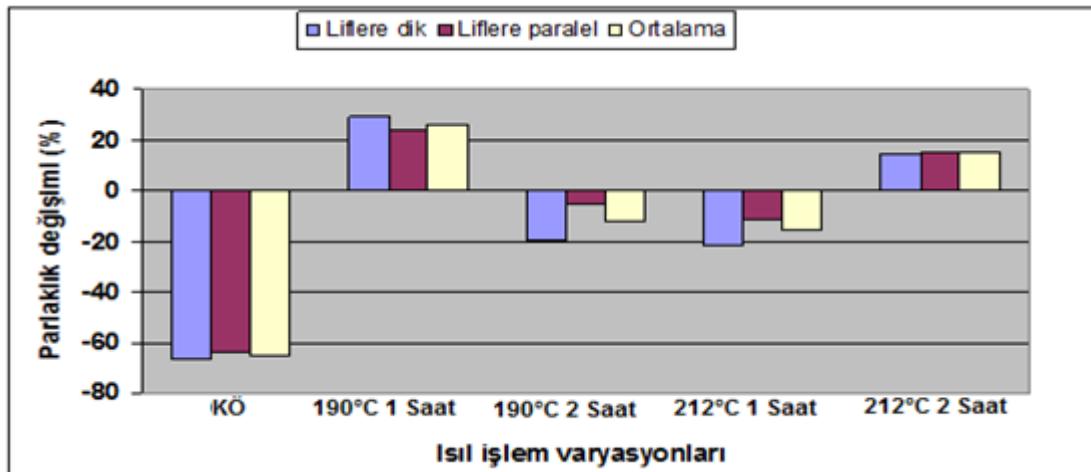
Çizelge 3.63 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Liflere dik	KÖ	-	1.22	a	KÖ - 190 1	-2.71*	190 1-212 1	1.80*
	190	1	3.93	c	KÖ - 190 2	-0.94*	190 1-212 2	1.84*
	190	2	2.16	b	KÖ - 212 1	-0.91*	190 2-212 1	0.03
	212	1	2.15	b	KÖ - 212 2	-0.87*	190 2-212 2	0.07
	212	2	2.09	b	190 1 -190 2	1.77*	212 1-212 2	0.04
Liflere paralel	KÖ	-	1.79	a	KÖ - 190 1	-2.66*	190 1-212 1	1.48*
	190	1	4.46	c	KÖ - 190 2	-1.20*	190 1-212 2	1.84*
	190	2	3.00	b	KÖ - 212 1	-1.18*	190 2-212 1	0.02
	212	1	2.97	b	KÖ - 212 2	-0.82*	190 2-212 2	0.38
	212	2	2.61	b	190 1 -190 2	1.46*	212 1-212 2	0.36
Ortalama parlaklık	KÖ	-	1.50	a	KÖ - 190 1	-2.69*	190 1-212 1	1.64*
	190	1	4.19	c	KÖ - 190 2	-1.07*	190 1-212 2	1.84*
	190	2	2.58	b	KÖ - 212 1	-1.04*	190 2-212 1	0.02
	212	1	2.55	b	KÖ - 212 2	-0.84*	190 2-212 2	0.22
	212	2	2.35	b	190 1 -190 2	1.61*	212 1-212 2	0.20

(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre, KÖ ile tüm İİGTÖ arasında liflere dik, paralel ve ortalama parlaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ’nde, her üç parlaklık değerinde de 190°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat, liflere paralel parlaklıkta 190°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 ve 2 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı anlaşılmıştır.

144 saat yaşlandırma sonrasında İİGTÖ ile KÖ’ne göre parlaklık değerlerindeki değişim oranları Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.31. 144 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerindeki değişim (%).

288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ait bulgular

Yabani Kiraz odununda 288 saat yaşlandırma sonrası belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.64’de verilmiştir.

Çizelge 3.64. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	\bar{X}	SS	ED	EY
Liflere Dik	KÖ	-	0.89	0.16	0.50	1.20
	190	1	2.23	0.77	1.20	3.90
	190	2	2.36	0.38	1.40	2.80
	212	1	3.11	0.73	1.40	4.80
	212	2	2.69	0.59	1.80	3.60
Liflere Paralel	KÖ	-	1.43	0.34	0.90	2.30
	190	1	3.77	10.9	2.20	5.80
	190	2	3.67	0.47	2.70	4.40
	212	1	3.65	0.76	2.30	5.10
	212	2	2.90	0.64	2.10	4.20
Ortalama parlaklık	KÖ	-	1.16	0.24	0.70	1.75
	190	1	3.00	0.76	1.95	4.75
	190	2	3.01	0.34	2.40	3.50
	212	1	3.38	0.43	2.30	4.35
	212	2	2.80	0.54	2.10	3.80

288 saat yaşlandırma sonrası liflere dik parlaklık değeri en yüksek 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 3,11, en düşük KÖ’nde 0,89, liflere paralel yönde en yüksek 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 3,77, en düşük KÖ’nde 1,43, ortalama parlaklık değeri en yüksek 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 3,38, en düşük KÖ’nde 1,16 olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda 288 yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.65’de verilmiştir.

Çizelge 3.65. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	56.155	4	14.039	41.774	0.000
	Gruplar arası	31.927	95	0.336		
	Toplam	88.082	99			
Liflere paralel	Gruplar içi	77.711	4	19.428	38.221	0.000
	Gruplar arası	48.289	95	0.508		
	Toplam	126.00	99			
Ortalama parlaklık	Gruplar içi	60.533	4	15.133	60.652	0.000
	Gruplar arası	23.704	95	0.250		
	Toplam	84.237	99			

*) P≤0.05

288 saat yaşlandırma sonrası KÖ ile İİGTÖ değerleri BVA sonuçlarına göre, liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve varyasyonlar arası etkileşim değerleri Çizelge 3.66'de verilmiştir.

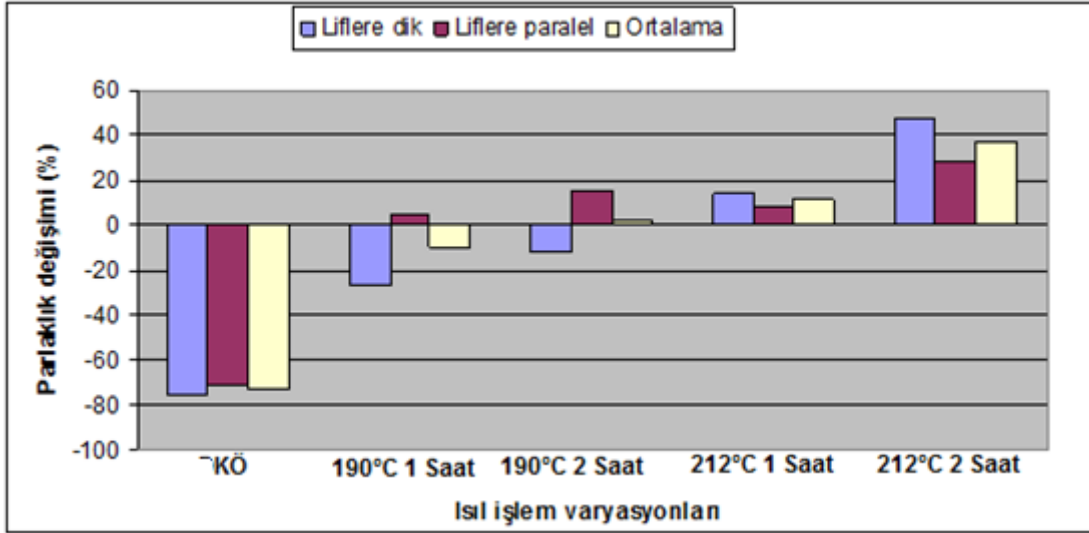
Çizelge 3.66. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Liflere dik	KÖ	-	0.89	a	KÖ - 190 1	-1.34*	190 1-212 1	-0.88*
	190	1	2.23	b	KÖ - 190 2	-1.47*	190 1-212 2	-0.46
	190	2	2.36	bc	KÖ - 212 1	-2.25*	190 2-212 1	-0.75*
	212	1	3.11	d	KÖ - 212 2	-1.80*	190 2-212 2	-0.33
	212	2	2.69	c	190 1 -190 2	-0.12	212 1-212 2	0.42
Liflere paralel	KÖ	-	1.43	a	KÖ - 190 1	-2.33*	190 1-212 1	0.12
	190	1	3.77	c	KÖ - 190 2	-2.23*	190 1-212 2	0.86*
	190	2	3.67	c	KÖ - 212 1	-2.21*	190 2-212 1	0.02
	212	1	3.65	c	KÖ - 212 2	-1.47*	190 2-212 2	0.76*
	212	2	2.90	b	190 1 -190 2	0.10	212 1-212 2	0.74*
Ortalama parlaklık	KÖ	-	1.16	a	KÖ - 190 1	-1.84*	190 1-212 1	-0.38
	190	1	3.00	b	KÖ - 190 2	-1.85*	190 1-212 2	0.20
	190	2	3.01	b	KÖ - 212 1	-2.22*	190 2-212 1	-0.36
	212	1	3.38	c	KÖ - 212 2	-1.63*	190 2-212 2	0.21
	212	2	2.80	b	190 1 -190 2	-0.01	212 1-212 2	0.58*

(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Liflere dik yön parlaklık değerleri için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, KÖ ile tüm İİGTÖ'nde liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Ancak İİGTÖ içerisinde, liflere dik parlaklıkta 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat ile 190°C sıcaklık 2 ve 212°C sıcaklık 2 saat, liflere paralel parlaklıkta 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, ortalama parlaklıkta 190°C sıcaklık 1 ve 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı anlaşılmıştır.

288 saat yaşlandırma sonrasında İİGTÖ ile KÖ'ne göre parlaklık değerlerindeki değişim oranları Şekil 3.32'da verilmiştir.



Şekil 3.32. 288 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerinin değişimi (%).

576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ait bulgular

Yabani Kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.67de verilmiştir.

Çizelge 3.67. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X}	SS	ED	EY
Liflere Dik	KÖ	-	2.09	0.72	0.80	3.20
	190	1	1.64	0.24	1.10	2.20
	190	2	2.45	0.50	1.70	3.30
	212	1	2.42	0.1	1.60	3.60
	212	2	2.88	0.50	1.90	3.80
Liflere Paralel	KÖ	-	4.50	0.55	3.50	6.10
	190	1	4.07	0.50	3.40	5.50
	190	2	4.38	0.68	2.90	5.50
	212	1	4.10	0.80	2.60	5.30
	212	2	4.04	0.66	3.10	5.30
Ortalama parlaklık	KÖ	-	3.29	0.45	2.50	3.95
	190	1	2.85	0.31	2.50	3.80
	190	2	3.41	0.53	2.45	4.30
	212	1	3.26	0.59	2.15	4.35
	212	2	3.46	0.49	2.75	4.55

576 saat yaşlandırma sonrası elde edilen sonuçlara göre liflere dik parlaklık değeri en yüksek 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 2,88, en düşük 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde 1,64, liflere paralel yönde parlaklık en yüksek KÖ'nde 4,50, en düşük 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 4,04, ortalama parlaklık değeri en yüksek 212°C

sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 3,46, en düşük 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ'nde olarak belirlenmiştir.

Yabani kiraz odununda 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.68'de verilmiştir.

Çizelge 3.68. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	17.043	4	4.261	15.606	0.000
	Gruplar arası	25.937	95	0.273		
	Toplam	42.980	99			
Liflere paralel	Gruplar içi	3.445	4	0.861	2.036	0.096
	Gruplar arası	40.201	95	0.423		
	Toplam	43.646	99			
Ortalama parlaklık	Gruplar içi	4.565	4	1.141	4.772	0.001
	Gruplar arası	22.719	95	0.239		
	Toplam	27.283	99			

*) $P \leq 0.05$

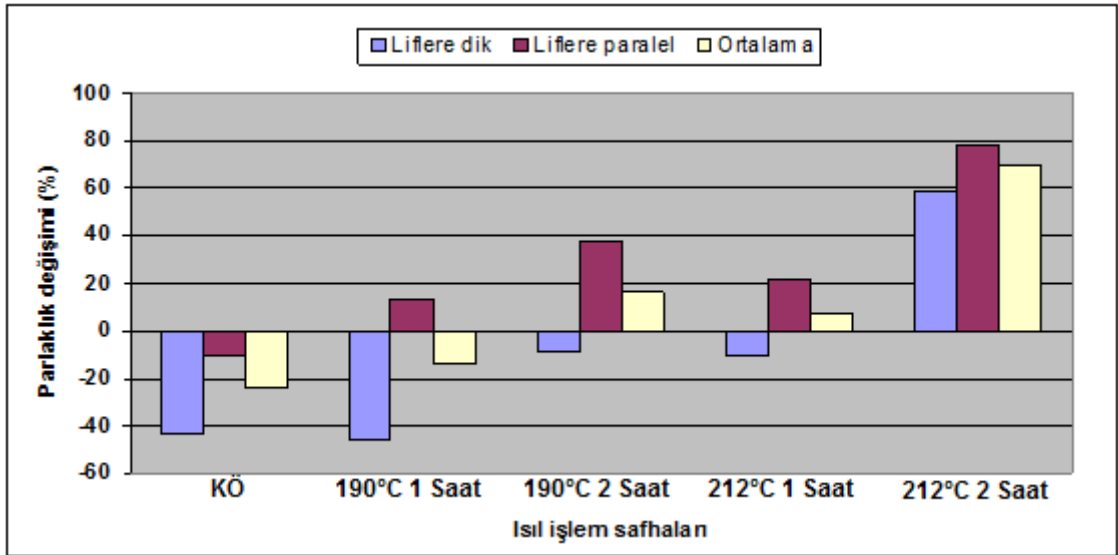
576 saat yaşlandırma sonrası KÖ ile İİGTÖ değerleri BVA sonuçlarına göre liflere paralel parlaklık hariç, liflere dik ve ortalama parlaklık değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve varyasyonlar arası etkileşim değerleri Çizelge 3.69'de verilmiştir.

Çizelge 3.69. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Liflere dik	KÖ	-	2.09	b	KÖ - 190 1	0.455	190 1-212 1	-0.785*
	190	1	1.64	a	KÖ - 190 2	-0.355	190 1-212 2	-1.240*
	190	2	2.45	c	KÖ - 212 1	-0.330	190 2-212 1	0.025
	212	1	2.42	c	KÖ - 212 2	-0.785*	190 2-212 2	-0.430
	212	2	2.88	d	190 1 -190 2	-0.810*	212 1-212 2	-0.455
Liflere paralel	KÖ	-	4.50	b	KÖ - 190 1	0.425	190 1-212 1	-0.030
	190	1	4.07	ab	KÖ - 190 2	0.115	190 1-212 2	0.035
	190	2	4.38	ba	KÖ - 212 1	0.395	190 2-212 1	0.280
	212	1	4.10	ba	KÖ - 212 2	0.460	190 2-212 2	0.345
	212	2	4.04	a	190 1 -190 2	-0.310	212 1-212 2	0.065
Ortalama parlaklık	KÖ	-	3.29	b	KÖ - 190 1	-0.440*	190 1-212 1	-0.407
	190	1	2.85	a	KÖ - 190 2	-0.120	190 1-212 2	-0.602*
	190	2	3.41	b	KÖ - 212 1	0.032	190 2-212 1	0.152
	212	1	3.26	b	KÖ - 212 2	-0.162	190 2-212 2	-0.042
	212	2	3.46	b	190 1 -190 2	-0.560*	212 1-212 2	-0.195

Duncan testi sonuçlarına göre KÖ ve İİGTÖ liflere dik parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ 190°C sıcaklık ve 2 saat ile 212°C sıcaklık ve 1 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Liflere paralel parlaklık değerlerine yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile 212°C ve 2 saat İİGTÖ hariç liflere paralel parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Çizelge 3.68’de duncan testi sonuçlarına göre KÖ ve İİGTÖ ortalama parlaklık değerleri arasında 190°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ hariç istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı belirlenmiştir.

576 saat yaşlandırma sonrasında İİGTÖ ile KÖ’ne göre parlaklık değerlerindeki değişim oranları Şekil 3.33’de verilmiştir.



Şekil 3.33. 576 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerinin değişimi (%).

864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ait bulgular

Yabani Kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.70’de verilmiştir.

864 saat yaşlandırma sonrası elde edilen sonuçlara göre liflere dik parlaklık değeri en yüksek 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 4,94, en düşük KÖ’nde 1,55, liflere paralel yönde parlaklık en yüksek 212°C sıcaklık ve 2 saat KÖ’nde 6,86, en düşük 212°C sıcaklık ve 1 saat İİGTÖ’nde 4,96, ortalama parlaklık değeri en yüksek 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 5,90, en düşük KÖ’nde 3,42 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.70. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X}	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	1.55	0.25	1.00	1.80
	190	1	3.95	0.35	3.40	4.80
	190	2	3.60	0.55	1.80	4.40
	212	1	3.77	0.37	3.10	4.30
	212	2	4.94	0.31	4.30	5.80
Liflere paralel	KÖ	-	5.28	0.19	5.00	5.70
	190	1	5.97	0.57	5.20	6.80
	190	2	4.98	0.56	3.50	5.90
	212	1	4.96	0.52	4.00	5.90
	212	2	6.86	0.36	6.30	7.60
Ortalama parlaklık	KÖ	-	3.42	0.17	3.15	3.75
	190	1	4.96	0.37	4.40	5.80
	190	2	4.29	0.41	3.00	4.85
	212	1	4.36	0.40	3.65	5.05
	212	2	5.90	0.30	5.40	6.50

Yabani kiraz odununda 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.71’de verilmiştir.

Çizelge 3.71. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	122.727	4	30.682	206.421	0.000
	Gruplar arası	14.120	95	0.149		
	Toplam	136.848	99			
Liflere paralel	Gruplar içi	52.336	4	13.084	58.898	0.000
	Gruplar arası	21.104	95	0.222		
	Toplam	73.440	99			
Ortalama parlaklık	Gruplar içi	67.431	4	16.858	139.741	0.000
	Gruplar arası	11.460	95	0.121		
	Toplam	78.891	99			

*) $P \leq 0.05$

864 saat yaşlandırma sonrası KÖ ile İİGTÖ değerleri BVA sonuçlarına göre, liflere dik, liflere paralel ve ortalama parlaklık değerleri arasında ($P \leq 0.05$) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve varyasyonlar arası etkileşim değerleri Çizelge 3.72’de verilmiştir.

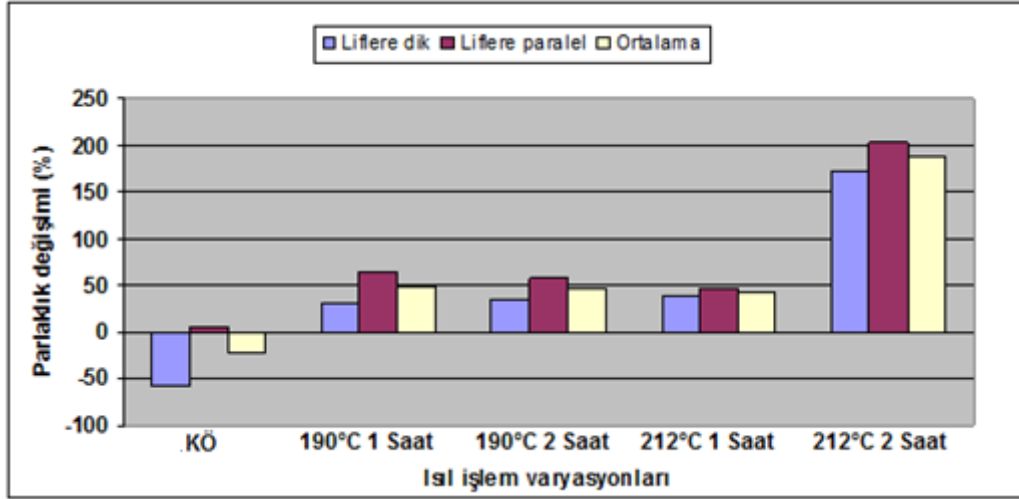
Çizelge 3.72. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X}	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Liflere dik	KÖ	-	1.55	a	KÖ - 190 1	-2.39*	190 1-212 1	0.18
	190	1	3.95	c	KÖ - 190 2	-2.05*	190 1-212 2	-0.99*
	190	2	3.60	b	KÖ - 212 1	-2.21*	190 2-212 1	-0.16
	212	1	3.77	bc	KÖ - 212 2	-3.39*	190 2-212 2	-1.34*
	212	2	4.94	d	190 1 -190 2	-0.34*	212 1-212 2	-1.17*
Liflere paralel	KÖ	-	5.28	b	KÖ - 190 1	-0.68*	190 1-212 1	1.00*
	190	1	5.97	c	KÖ - 190 2	0.30	190 1-212 2	0.89*
	190	2	4.98	a	KÖ - 212 1	0.32	190 2-212 1	0.02
	212	1	4.96	a	KÖ - 212 2	-1.58*	190 2-212 2	-1.88*
	212	2	6.86	d	190 1 -190 2	0.98*	212 1-212 2	-1.90*
Ortalama parlaklık	KÖ	-	3.42	a	KÖ - 190 1	-1.54*	190 1-212 1	0.59*
	190	1	4.96	c	KÖ - 190 2	-0.87*	190 1-212 2	-0.94*
	190	2	4.29	b	KÖ - 212 1	-0.94*	190 2-212 1	-0.07
	212	1	4.36	b	KÖ - 212 2	-2.48*	190 2-212 2	-1.61*
	212	2	5.90	d	190 1 -190 2	0.66	212 1-212 2	-1.53*

(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre KÖ ve İİGTÖ liflere dik parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ'nin 190°C sıcaklık ve 1 saat ile 212°C sıcaklık ve 1 saat, ayrıca 190°C sıcaklık ve 2 saat ile 212°C sıcaklık ve 1 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Liflere paralel parlaklık değerleri için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ liflere paralel parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ'nde 190°C sıcaklık ve 2 saat ile 212°C sıcaklık ve 1 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Duncan testi sonuçlarına göre KÖ ve İİGTÖ ortalama parlaklık değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. İİGTÖ'nde 190°C sıcaklık ve 2 saat ile 212°C sıcaklık ve 1 saat arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

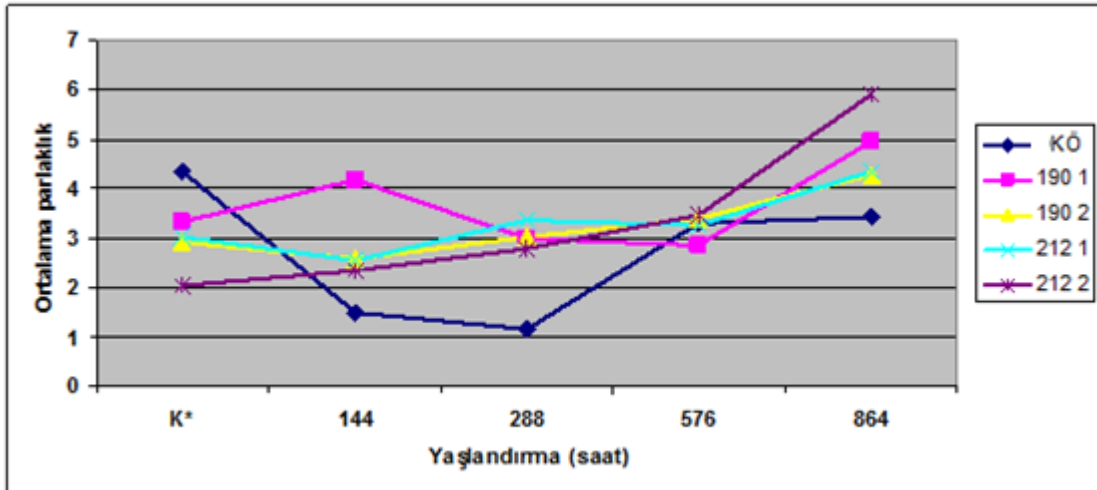
864 saat yaşlandırma sonrasında İİGTÖ ile KÖ'ne göre parlaklık değerlerindeki değişim oranları Şekil 3.34'da verilmiştir.



Şekil 3.34. 864 saat yaşlandırma sonrası parlaklık değerlerinin değışimi (%).

3.1.6.3. Yaşlandırma Sonrası Parlaklık Değerlerine İle İlgili İrdeleme

Isıl işlem görmüş Yabani kiraz odununda yaşlandırma süresi uzadıkça ortalama parlaklık değeri genelde artış eğilimi göstermesine karşılık, ısıl işlem görmemiş örneklerde önce azaldığı ve yaşlandırma uzadıkça tekrar parlaklıklarını kazandıkları anlaşılmıştır. Örneklerin Şekil 3.35’de yaşlandırma süresi boyunca parlaklıklarında meydana gelen değışimin verildiği grafiğe göre ısıl işlem görmüş örneklerde 864 saat yaşlandırma ile birlikte ortalama parlaklık değeri artmaya devam etmekte ancak DKÖ’nde kayda değer bir değışim oluşmamaktadır.



Şekil 3.35. Isıl işlem ve yaşlandırma ile birlikte meydana gelen parlaklık değışimi.

Literatürde ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin yaşlandırma sonrası parlaklık değişimine ilişkin yeterli araştırma olmamasına karşılık Gorman ve Feist (1989)'e göre doğal dış ortamda ve yapay UV yaşlandırması etkisinde bırakılan odunda, parlaklık ve renk değişimlerinin kısa zaman aralığında kolayca gözlemlenebileceğini vurgulayarak, Douglas ve maun türü ağaç odunlarının ilk aylarda kaybettikleri parlaklıklarını, 6. aydan sonra yeniden kazandıklarını bundan sonraki 6 aylık periyotta da parlaklıklarında tekrar azalma görüldüğünü belirtmektedir (Çakıcıer (2007).

Isıl işlem görmüş Yabani kiraz odununda parlaklığın artması kısa dalga boylu UV ışınlarının öncelikli olarak lignin üzerinde etkili olması ile açıklanabilir. Ligninin UV ışınlarından etkilenmesi odun parlaklığına olan etkisinin azalması selüloz eksensel holoselüloz miktarının varlığı parlaklık değerinin artmasına sebep olmuş olabilir.

3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME

Mekanik direnç özelliklerinin belirlenmesi için hazırlanan örnekler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nemde 2 ay bekletilmiş ve deney anındaki rutubetler belirlenmiştir. Rutubet değerleri $\%12$ 'den farklı çıkmış olup ilgili direnç özelliğine ait rutubet değerleri istatistiksel veri çizelgelerinde verilmiştir. KÖ için belirlenen değerler $\%12$ 'ye ayarlanmıştır. İİGTÖ için $\%12$ 'ye dönüştürme yapılmamış olup, İİGTÖ'nde rutubetlerin $\%12$ olması durumunda mekanik direnç değerlerinin daha farklı olabileceği göz önünde tutulmalıdır.

3.2.1. Liflere Paralel Basınç Direnci

Isıl işlem sonrası Yabani kiraz odununda liflere paralel basınç direnci değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.73'de verilmiştir.

Çizelge 3.73. Liflere paralel basınç direnci istatistiksel veriler.

T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	SS	ED	EY	R
KÖ	-	44.99	5.248	34.81	52.94	11.31
190	1	45.78	5.353	27.31	57.66	7.55
190	2	51.24	8.560	24.00	66.70	7.06
212	1	47.60	5.716	33.54	59.51	5.30
212	2	45.40	8.090	16.37	54.63	4.87

T : Isıl işlem sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Elde edilen sonuçlara göre liflere paralel basınç direnci en yüksek 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 51,245 (N/mm²), en düşük ise KÖ'nde 44,995 (N/mm²) olarak belirlendi.

Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ liflere paralel basınç direnci direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.74'da verilmiştir.

Çizelge 3.74. Liflere paralel basınç direnci değeri BVA sonuçları.

Liflere paralel basınç direnci BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	845.317	4	211.329	4.642	0.001
Gruplar arası	7056.320	155	45.525		
Toplam	7901.638	159			

*) (P≤0.05)

Yabani Kiraz odununda liflere paralel basınç direnci değerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ ile KÖ liflere paralel basınç değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak (P≤0.05) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.75'de verilmiştir.

Çizelge 3.75. Liflere paralel basınç direncine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

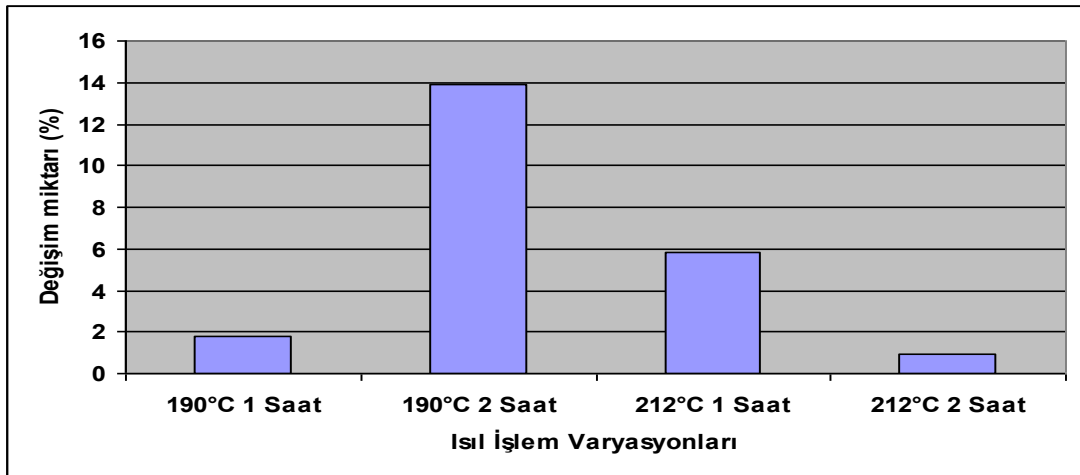
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	44.99	a	KÖ - 190 1	-0.789	190 1-212 1	-1.817
190	1	45.78	a	KÖ - 190 2	-6.249*	190 1-212 2	0.376
190	2	51.24	b	KÖ - 212 1	-2.606	190 2-212 1	3.643*
212	1	47.60	a	KÖ - 212 2	-0.412	190 2-212 2	5.837*
212	2	45.40	a	190 1 -190 2	-5.460*	212 1-212 2	2.194

(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Liflere paralel basınç direnci değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ arasındaki değişimler anlamlı bulunmuştur. KÖ ile diğer İİGTÖ arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 3.75'e göre liflere paralel basınç direncinde kontrol örneklerine göre en yüksek artış 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde %13,88, en az artış ise 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde %0,91 olarak belirlenmiştir.

ThermoWood yöntemi ile 190°C ve 212°C sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda liflere paralel basınç direnci, KÖ'ne göre tüm İİGTÖ'nde artmıştır. 190°C sıcaklıkta artmaya başlayan liflere paralel basınç direnci, aynı sıcaklıkta 2 saat süre ısıl işlem uygulamasında en yüksek seviyesine (%14) çıkmış, ancak sıcaklığın yükselmesi ile düşmeye başlayan direnç değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda neredeyse KÖ'ndeki değerine yaklaşmıştır (Şekil 3.36). Bu sonuçlara göre, liflere paralel basınç direnci değişiminde, hem ısıl işlem sıcaklığının hem de süresinin etkili olduğu söylenebilir. Özçifçi ve diğ. (2009), Çalıova (2011) ve Sefil (2010) çalışmalarında ısıl işlem sıcaklığının artması ile birlikte liflere paralel basınç direncinin de arttığını bulmuşlardır. Çalıova (2011), çalışmasında ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemedeki liflere paralel basınç direncinde artış kaydedildiğini, bağlı su miktarındaki artışın ve hücre çeperinin polimerik bileşikleri arasındaki hidrojen bağlarının zayıflamasının direnç özelliklerini azalttığını, çünkü direncin kovalent ayrıca hidrojen polimer bağlarıyla ilişkili olduğunu Fengel and Wegener(1989), Winandy and Rowell(1984)'ten nakletmektedir. Böylece ısıl işlem görmüş odun daha az higroskopik olduğunu ve maksimum bağlı su miktarı azaldığı için ısıl işlemin direnç özelliklerine pozitif katkıda bulunabileceğini belirtmektedir. Çalıova ayrıca çalışmasında ayrıca ısıl işlem görmüş odunun denge rutubet miktarını incelemiş ve ısıl işlem görmüş odunda denge rutubeti miktarının azaldığını belirlemiştir.



Şekil 3.36. Liflere paralel basınç direncinde değişim (%).

Ağaç malzemedede ısıt işlem neticesinde liflere paralel basınç direncindeki değışimlerden ısıt işlem sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal oluşumlar sorumlu tutulmaktadır. Isıt işlem sonrasında odunun daha az higroskopik olması, bağı su miktarındaki azalma, amorf selülozun kristalleşmesi ile kristal selüloz miktarının artması ve lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artış liflere paralel basınç direncinin artışına sebep olur (Boonstra 2008).

Çeşitli ağaç türleri ile yapılan test sonuçlarına göre, yüksek sıcaklıklarda ısıt işlem görmüş örneklerde ısıt işlem görmemiş oduna göre daha iyi liflere paralel basınç direnci değerleri elde edilmektedir. Üç saat süre ile 195°C sıcaklıkta muamale edilmiş kerestede liflere paralel basınç direncinin ısıt işlem uygulanmamış keresteye göre yaklaşık %30 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Isıt işlem uygulaması liflere paralel basınç direnci üzerinde negatif etki yapmadığı hatta yüksek sıcaklıklarda bile ısıt işlem görmemiş oduna göre daha iyi basınç direnci değerlerinin elde edildiği görülmektedir (Thermowod hand book 2003)

Yabani Kiraz odununun ısıt işleminden sonra liflere paralel basınç direncinin değışimi ile ilgili belirtilen sonuçların aksine literatürdeki bazı çalışmalarda ısıt işlem sonucu basınç direncinin %2 ile %32 oranında azaldığı belirtilmektedir. Schneider (1973), Korkut (2008), Yıldız (2002), Unsal and Ayrılmış (2005) ve Korkut ve diğ.(2008) ve normal atmosfer şartlarında yaptıkları ısıt işlem sonucunda liflere paralel basınç direncinde azalmalar olduğunu belirtmektedirler (Çalıova 2011).

Ateş ve diğ. (2009), ısıt işlem uygulanmış ağaç malzemedede meknik özelliklerde kaydedilen sonuçlara göre, düşük sıcaklıklarda ısıt işlem uygulanmış ağaç malzemenin mekanik özelliklerde beklenen performansın istendiği kullanım alanlarında kullanımının uygun olacağını belirtmektedirler

Yıldız ve diğ. (2006), dört farklı sıcaklık (130, 150, 180 ve 200°) ve üç farklı sürede (2, 6 ve 10 saat) atmosferik basınç altında ısıt işlem yaptıkları doğu ladininde liflere paralel basınç direncinin genellikle azaldığını bunun da hemiselülozların degradasyonundan meydana gelebileceğini ifade etmektedirler.

Unsal ve Ayrılmış (2005), termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununda liflere paralel basınç direncinin ısıt işlem sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça düştüğünü belirtmişlerdir.

Yıldız (2002) çalışmasında, mekanik ve teknolojik özelliklerde genellikle artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak bir düşüş kaydedildiğini ifade etmiştir.

Isıl işlem ile birlikte liflere paralel basınç direncinde meydana gelen değişim literatür bilgisine göre aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmış olabilir;

- Isıl işlem amorf selülozu bozundurmakta ve kristalleştirmekte, selülozun kristalimsi bölgelerinin artışı boyunca yönde basınç direncinin artmasına neden olmaktadır. Bilindiği gibi kristalimsi selüloz katı ve rijit bir yapıya sahiptir.
- Lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artış. Fibril ve/veya mikrofibriller için rijidite olarak hareket eder. Polimerin çapraz bağındaki artma liflere paralel basınç yüklemesi boyunca meydana gelen liflere dik hareketleri önler veya sınırlar.
- Lignin polimer ağının çapraz bağlanmasındaki artışın orta lamel direncini artırması.

3.2.2. Eğilme Direnci

Isıl işlem sonrasında İİGTÖ ile KÖ eğilme direnci değerlerine ilişkin istatistik veriler Çizelge 3.76'de verilmiştir.

Çizelge 3.76. Eğilme direncine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	SS	ED	EY	R
KÖ	-	95.39	10.93	75.21	112.9	11.03
190	1	86.61	15.17	39.15	108.8	7.32
190	2	82.58	16.10	52.03	115.3	6.82
212	1	67.25	11.31	44.72	86.9	5,39
212	2	66.64	13.95	35.64	96.5	4,98

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Yabani Kiraz odununda ısıl işlem sonrasında eğilme direnci aritmetik ortalama değerleri incelendi. En yüksek eğilme direnci değeri KÖ'nde 95,393 (N/mm²) olarak, en düşük ise 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 66,649 (N/mm²) olarak belirlenmiştir.

Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ eğilme direnci direnci ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.77'da verilmiştir.

Çizelge 3.77. Eğilme direnci BVA sonuçları.

Eğilme direnci BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	20084.305	4	5021.076	26.944	0.000
Gruplar arası	28884.769	155	186.353		
Toplam	48969.073	159			

*) $P \leq 0.05$

Yabani Kiraz odununda eğilme direnci değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ ile KÖ eğilme dirençleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0,05$) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.78’de verilmiştir.

Çizelge 3.78. Eğilme direncine ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	95.39	c	KÖ - 190 1	8.7785*	190 1-212 1	19.3595*
190	1	86.61	b	KÖ - 190 2	12.8052*	190 1-212 2	19.9656*
190	2	82.58	b	KÖ - 212 1	28.1381*	190 2-212 1	15.3329*
212	1	67.25	a	KÖ - 212 2	28.7442*	190 2-212 2	15.9390*
212	2	66.64	a	190 1 -190 2	4.0266	212 1-212 2	0.6061

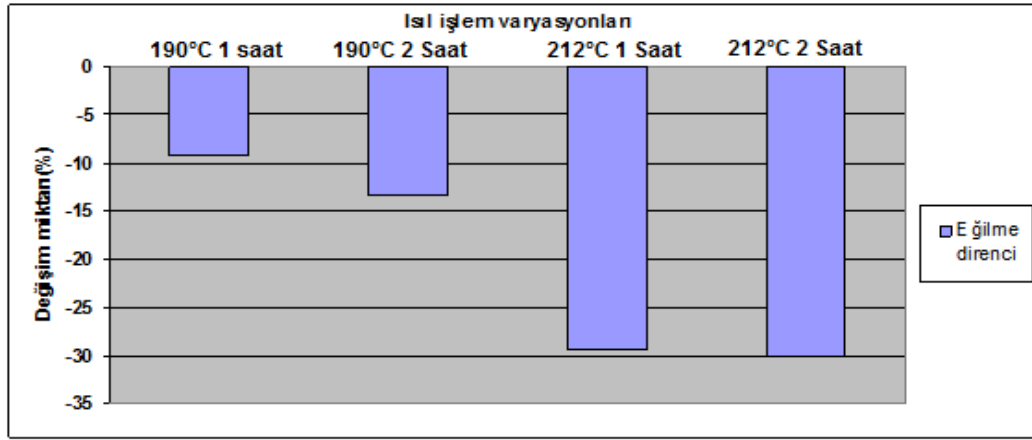
(*) Varyasyonlar arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Eğilme direnci değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile tüm ısı İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Etkileşim değerlerine göre KÖ ile İİGTÖ arasında en düşük fark 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 28,7442, en küçük fark 190°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 8,7785 olarak belirlenmiştir.

ThermoWood yöntemi ile ısı işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda eğilme direnci İİGKÖ’ne göre tüm İİGTÖ’nin tümünde azalmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte eğilme direncinde Şekil 3.37’de görüldüğü önemli oranda azalma meydana geldiği, en yüksek azalma miktarı 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde %30 düzeyinde olduğu görülmektedir. Eğilme direncindeki azalma üzerine ısı işlem süresinden daha ziyade sıcaklığın etkili olduğu yine Şekil 3.36’e göre söylenebilir. ThermoWood metodu ile ısı işlem uygulanmış çam örneklerinde eğilme direncinde sıcaklığın artışı ile birlikte

eğilme direncinin azaldığı, 220°C üzerinde eğilme direncinde önemli kayıplar olduğu belirlenmiştir (ThermoWood Handbook).



Şekil 3.37. Eğilme direncinde değişim (%).

Gonzalez de Cademartori ve diğ. (2012), Won ve diğ. (2012), Todoroviç ve diğ. (2012), Borrega (2011) Srinivas (2012), Doruk ve Perçin (2010), Şahin (2010), Özçifçi ve diğ. (2009) çalışmalarında benzer sonuçları ifade etmektedirler.

Poncsak ve diğ. (2011), çalışmalarında Canadian Jack pine (*Pinus banksiana*) ısıl işlem sonrası eğilme direncinin azaldığını ifade belirtmişlerdir. Sefil (2010) çalışmasında, eğilme direncinin sıcaklığın artması ile birlikte azaldığını tespit etmiştir. Özçifçi ve diğ. (2009), 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıl işlem uyguladıkları sarıçam odununda araştırdıkları mekanik dirençler arasında ısıl işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiği belirlemişlerdir. Bekhta ve Niemz (2005), ısıl işlem sonrası ladin odununda eğilme direncinin yaklaşık %44-50 oranında azaldığını bulmuşlardır.

Isıl işlem sonrası eğilme direncindeki kayıplar %30-40'a ulaşmaya kadar selüloz ve lignin yapılarında herhangi bir depolimerizasyon veya bozunma görünmemesi ancak hemiselülozda meydana gelen bozunmalar eğilme direncinin azalmasına öncelikli olarak gösterilen sebeptir. Isıl işlem ile birlikte hemiselülozun bozunması, lignin-hemiselüloz matrisi içerisindeki yan zincirlerin kırılması ve hemiselülozun polimerizasyon derecesindeki azalma şeklinde açıklanmaktadır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresindeki artışa bağlı olarak hemiselüloz bozunması da artmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2008). Yıldız (2002), kimyasal özelliklerden ısıl işlemde en fazla zarar gören

hücre çeperi bileşeninin hemiselüloz olduğunu, Pena Gonzalez ve diğ. (2009) çalışmalarında ısıtma işlemi ile ağaç malzemesinde meydana gelen ağırlık kaybının büyük bir çoğunluğunun polisakkaritlerin parçalanmasından kaynaklandığını belirtmektedirler. Benzer bir çalışmada Tozluoğlu ve diğ. (2013) yabancı kiraz odununun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine ısıtma işlemi (ThermoWood methodu) etkisini araştırdılar. Sonuçta DKÖ’nde % 22.4±0.49 olan xylan miktarının 212°C sıcaklık, 1.5 ve saat 2.5 saat İİGTÖ’nde sırası ile 16.6±0.07 ve 15.8±0.95 olduğunu belirlemişlerdir.

Isıtma işlemi ile birlikte eğilme direncindeki önemli sayılabilecek azalmanın hemiselülozların bozunmasından ileri geldiği söylenebilir. Çünkü düşük sıcaklık ve sürelerdeki ısıtma işlemi uygulamalarında hemiselüloz bozunması ile birlikte eğilme direncinde de önemli kayıplar ortaya çıkmaya başlamaktadır. Sonuç olarak başta hemiselülozlar olmak üzere hücre çeper bileşenlerinden kaynaklanan ağırlık kayıplarının eğilme direnci üzerinde negatif yönlü etkisi olduğu kanatına varılabilir.

3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Isıtma işlemi sonrasında İİGTÖ ile KÖ eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin istatistikler Çizelge 3.79’de verilmiştir.

Çizelge 3.79. Eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	SS	ED	EY	R
KÖ	-	12793.8	1213.9	9972.9	15593.5	11.43
190	1	13795.7	1317.4	10755.0	16136.9	7.32
190	2	14160.5	1316.3	11956.3	16958.0	6.82
212	1	13580.6	1390.2	11828.7	17841.4	5,39
212	2	13054.7	877.3	11450.7	14923.7	4,98

T : Isıtma işlemi sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Yabancı Kiraz odununda ısıtma işlemi sonrasında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin değişimine ait aritmetik ortalama değerleri incelendi. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerine 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıtma işlemi görmüş test örneklerinde 14.160,5 (N/mm²), en düşük ise DKÖ’nde 12.793,58 (N/mm²) olarak belirlenmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.80’de verilmiştir.

Çizelge 3.80. Eğilmede elastikiyet modülü BVA sonuçları.

Elastikiyet modülü BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	39187994	4	9796998.5	6.408	0.000
Gruplar arası	2.4E+008	155	1528822.8		
Toplam	2.8E+008	159			

*) $P \leq 0.05$

Yabani Kiraz odununda eğilmede elastikiyet modülü değerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ ile KÖ eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.81’de verilmiştir.

Çizelge 3.81. Eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	12793.8	a	KÖ - 190 1	-1000.9*	190 1-212 1	215.1
190	1	13795.7	c	KÖ - 190 2	-1366.7*	190 1-212 2	741.0*
190	2	14160.5	c	KÖ - 212 1	-786.81*	190 2-212 1	579.9
212	1	13580.6	bc	KÖ - 212 2	-260.89	190 2-212 2	1105.8*
212	2	13054.7	ab	190 1 -190 2	-364.79	212 1-212 2	525.9

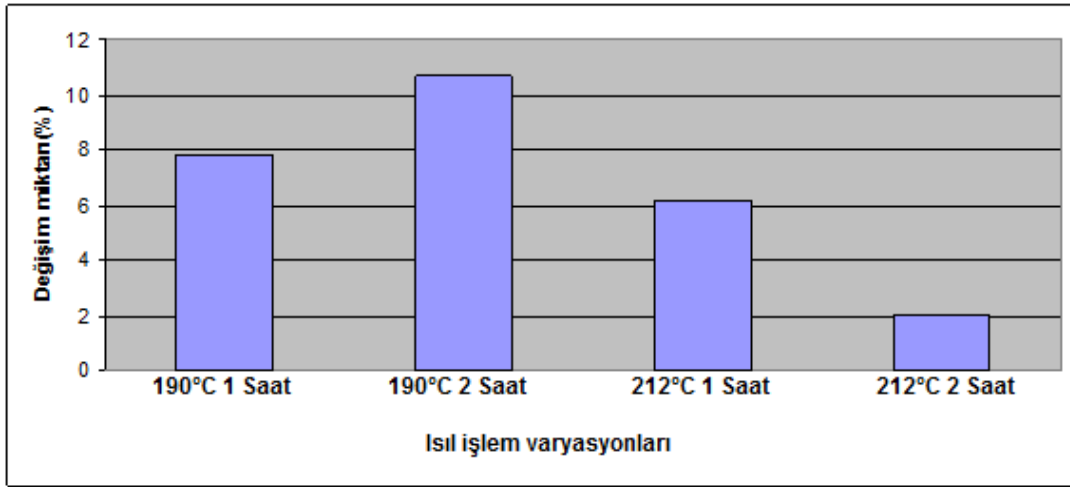
*) $P \leq 0.05$

190°C ve 212°C sıcaklıkta 1 ve 2 saat süre ile ısıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz statik eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına KÖ ile İİGTÖ arasında 212°C sıcaklık ve 2 saat grubu hariç değişimlerin anlamlı olduğu bulunmuştur.

Etkileşim değerlerine göre KÖ ile İİGTÖ arasında en büyük fark 190°C sıcaklık ve 2 saat, en küçük fark 212°C ve 2 saat sıcaklık varyasyonunda belirlenmiştir.

ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odununda eğilmede elastikiyet modülü İİGKÖ’ne göre İİGTÖ’nin tümünde artmıştır. En yüksek artış 190°C 2 saat İİGTÖ’nde %11 olarak belirlenmiş, ısıl işlem sıcaklık ve süresinin artırılması ile elastikiyet modülündeki artış azalmaya başlamıştır. 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda KÖ’ne göre sadece %2’lik farkın sözkonusu olduğu görülmektedir. Elde

edilen sonuçlara göre elastikiyet modülü değişimi üzerinde hem sıcaklığın hem de ısı işlem süresinin etkili olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.38. Eğilmede elastikiyet modülünde değişim (%).

ThermoWood yöntemi ile ısı işlem uygulamış oldukları çalışmalarında Çaliova (2011) 190, 205 ve 212°C sıcaklık ve 2 saat sürede kızılğaç ve ladin odunlarında, Sefil (2010) 170, 180, 190,200 ve 210°C sıcaklık ve 2 saat sürede göknar ve kayın odunlarında benzer sonuçları elde ettiklerini belirtmektedirler. Sefil, çalışmasında elastikiyet modülündeki küçük fakat fark edilebilir artışın hemiselülozların degradasyonuna rağmen ısı işlem sonrası kristal selülozun nisbi miktarındaki artıştan kaynaklanmış olabileceğini ifade etmekte olup ayrıca ısı işlem görmüş odunun kontrolden daha az higroskopik olduğu için (çünkü hücre çeperleri daha az bağlı su içerir) elastikiyet modülününün bundan etkilenebileceğini belirtir.

Sefil (2010) ThermWood, Dubey (2010) oil treatment metodu ısı işlem uyguladıkları ağaç örneklerinde elastikiyet modülünün ya hiç değişmediğini ya da çok az bir miktar arttığını, Horvath ve diğ. (2012), çalışmalarında elastikiyet modülünün %25'e kadar arttığını bildirmektedir..

Literatürde bu sonuçların aksine ısı işlem ile elastikiyet modülünün azaldığına işaret eden pek çok çalışma bulunmaktadır.

Ateş ve diğ. (2009), Şahin (2010), Mburu (2008), Ateş (2010) yaptıkları çalışmalarda ısı işlem sıcaklığı artışı ile birlikte elastikiyet modülünün azaldığını belirtmektedirler. Shi ve diğ. (2007), 200°C ve üzeri sıcaklıklarda ısı işlem uyguladıkları çam ve ladinde

elastikiyet modülünün % 4 ile % 28 kadar azalmasına karşılık kavak ve huşta arttığını bulmuşlardır.

3.2.4. Dinamik Eğilme Direnci

Isıl işlem sonrasında İİGTÖ ile KÖ dinamik eğilme direncine ilişkin istatistikler Çizelge 3.82’de verilmiştir.

Çizelge 3.82. Dinamik eğilme direncine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (kN/cm)	SH	ED	EY	R
KÖ	-	1.0393	0.018	0.90	1.36	11.84
190	1	0.7024	0.025	0.53	1.16	7.43
190	2	0.6679	0.037	0.01	1.01	7.09
212	1	0.6270	0.031	0.38	0.95	5.49
212	2	0.5420	0.027	0.34	0.85	4.87

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Isıl işlem sonrasında İİGTÖ dinamik eğilme direnci değerlerinin kontrol örneklerine göre değişimine ait aritmetik ortalama değerleri incelendi. En yüksek dinamik eğilme direnci değeri KÖ’nde 1,03 (kN/cm), en düşük ise 212°Csıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 0,54 (kN/cm) olarak belirlenmiştir.

Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ dinamik eğilme direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.83’de verilmiştir.

Çizelge 3.83. Dinamik eğilme direnci BVA sonuçları.

Dinamik eğilme direnci BVA	Kareler toplam	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	4.647	4	1.162	43.126	0.000
Gruplar arası	4.175	155	0.027		
Toplam	8.822	159			

*) $P \leq 0.05$

Yabani Kiraz odununda dinamik eğilme direnci değerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ ile KÖ dinamik eğilme direnci değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.84’de verilmiştir.

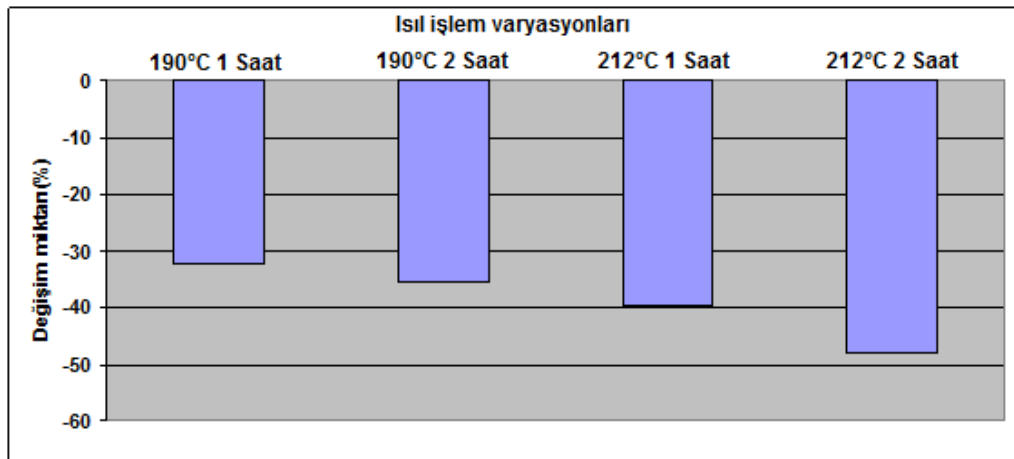
Çizelge 3.84. Dinamik eğilme direnci duncan testi ve etkileşim değerleri.

T	Z	\bar{X} (kN/cm)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	1.0393	c	KÖ - 190 1	0.3368*	190 1-212 1	0.0754
190	1	0.7024	b	KÖ - 190 2	0.3713*	190 1-212 2	0.1604*
190	2	0.6679	b	KÖ - 212 1	0.4123*	190 2-212 1	0.0409
212	1	0.6270	b	KÖ - 212 2	0.4972*	190 2-212 2	0.1259*
212	2	0.5420	a	190 1 -190 2	0.0344	212 1-212 2	0.0849

*) $P \leq 0.05$

Isıl işlem uygulanmış Yabani Kiraz odunu dinamik eğilme direnci değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ arasındaki değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Etkileşim sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ arasında en büyük fark 212°C sıcaklık ve 1 saat, en küçük fark 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda belirlenmiştir.

ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem Yabani Kiraz odununda dinamik eğilme direncini İİGKÖ’ne göre İGTÖ’nin tümünde azaltmıştır. Kontrol örneklerine göre oluşan değişim incelendiğinde (Şekil 3.39) ısıl işlem sıcaklığı ve süresinin dinamik eğilme direnci üzerinde etkili olduğu, hem sıcaklık hem de süre artışına paralel olarak direnç değerlerinin düştüğü ve en fazla düşüşün ise 212°C ve 2 saat İİGTÖ’nde %47,84 şeklinde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.39. Dinamik eğilme direncinde değişim (%).

Mayes ve Oksanen (2002) çalışmalarında; 220°C’de 3 saat ısıtma uygulamasında şok direncinin ısıtma uygulanmamış oduna nazaran %25 azaldığını tespit etmişlerdir. Kitahara ve Chugenji (1951), 150-200°C sıcaklıklarda 1, 3, 5, 10 ve 20 saat süreyle ısıtma uyguladıkları *Chamaecyparis obtusa* ve *Fagus crenata* örneklerindeki şok direnci değerlerinin, 150°C’de 5 saat, 200°C’de 1 saat ve 200°C’de 5 saatlik uygulamalardan sonra ısıtma tabii tutulmamış odun örneklerine göre %50 azaldığını belilemişlerdir.

Bal ve Bektaş (2013), ısıtma işlem görmüş olgun *Eucalyptus grandis* odununda dinamik eğilme direncinin mekanik özellikler arasında diğerlerine göre en fazla etkilenen direnç olduğunu, ısıtma işlem görmüş olgun odundaki dinamik eğilme direncinin kontrol örneklerine göre %53.86 oranında azalmış olduğu belirtmektedirler.

Davis ve Thompson (1964) hemiselüloz bozunmasını şok direncinin azalmasında ana sorumlu olarak göstermişlerdir. Selüloz ve hemiselüloz arasındaki etkileşim ikincil bağlara dayandırıldığı için şok direncini ikincil bağlar belirlemektedir. Bununla birlikte şok direncinde daha fazla azalma, ısıtma işlem süresince kovalent bağlarındaki Hemiselüloz ve lignin arasındaki kovalent bağların kırılması aynı zamanda selüloz mikrofibril/fibrilleri içindeki kovalent bağların kırılması (depolimerizasyon) kırılmalarına dayandırılmaktadır. Amorf selülozun kristalleşme ve/veya bozunması sebebiyle kristalimsi selüloz miktarındaki artma şok direnci üzerine negatif bir etkiye sahiptir (Korkut ve Kocaefe 2008).

3.2.5. Liflere Dik Çekme Direnci

Isıtma işlem sonrasında İİGTÖ ile KÖ liflere dik çekme direncine ilişkin istatistik veriler Çizelge 3.85’de verilmiştir.

Çizelge 3.85. Liflere dik çekme direncine ilişkin istatistikler.

T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	SS	ED	EY	R
KÖ	-	3.6890	0.9188	1.39	5.49	11.45
190	1	2.3624	0.8430	0.65	3.64	7.28
190	2	1.7214	0.6643	0.45	3.12	6.70
212	1	1.3167	0.6211	0.46	2.65	5.54
212	2	1.2489	0.4022	0.44	2.10	4.74

T : Isıtma işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Isıl işlem sonrasında liflere dik çekme direnci değerinin KÖ'ne göre değişimine ait aritmetik ortalama değerleri incelendi. Elde olunan sonuçlara göre en yüksek liflere dik çekme değeri KÖ'nde 3,689 (N/mm²), en düşük değer 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 1,2489 (N/mm²) olarak belirlenmiştir.

Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ liflere dik çekme direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.86'de verilmiştir.

Çizelge 3.86. Liflere dik çekme direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Liflere dik çekme BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	130.237	4	32.559	63.992	0.000
Gruplar arası	78.864	155	0.509		
Toplam	209.101	159			

*)P≤0.05

Yabani Kiraz odununda liflere dik çekme direnci değerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde İİGTÖ ile KÖ liflere dik çekme direnci değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak (P≤0.05) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.87'de verilmiştir.

Çizelge 3.87. Liflere dik yönde çekme direnci duncan testi ve etkileşim değerleri.

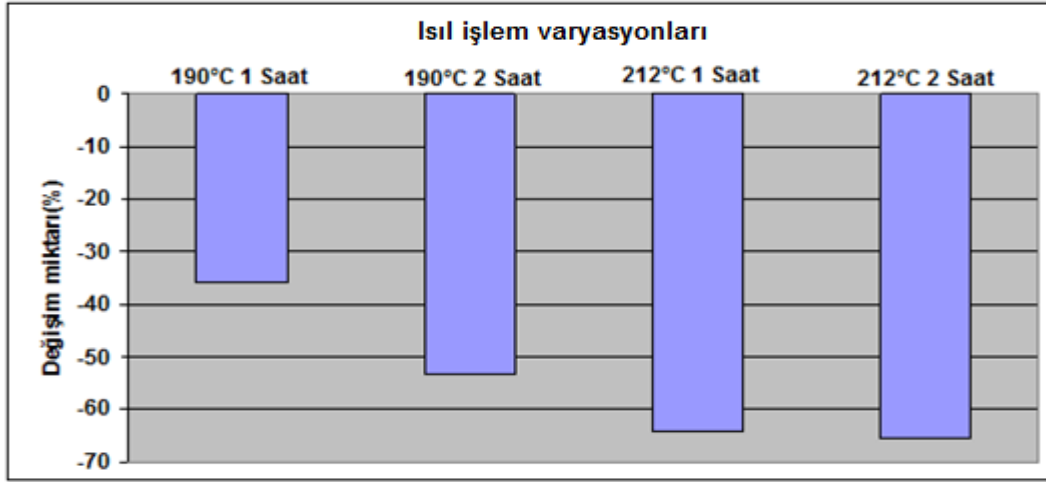
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	3.6890	d	KÖ - 190 1	1.3266*	190 1-212 1	1.0456*
190	1	2.3624	c	KÖ - 190 2	1.9675*	190 1-212 2	1.1135*
190	2	1.7214	b	KÖ - 212 1	2.3723*	190 2-212 1	0.4047
212	1	1.3167	a	KÖ - 212 2	2.4401*	190 2-212 2	0.4725
212	2	1.2489	a	190 1 -190 2	0.6409*	212 1-212 2	0.0278

*)P≤0.05

Yabani Kiraz odununda 190°C ve 212°C sıcaklıkta 1 ve 2 saat süre ısıtılmış liflere dik yönde çekme direnci değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına İİGTÖ ile KÖ arasındaki değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur.

Etkileşim sonuçlarına göre KÖ ile İİGTÖ arasında en büyük fark 212°C sıcaklık ve 1 saat, en küçük fark 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda belirlenmiştir.

ThermoWood yöntemi ile ısıtım işlem Yabani Kiraz odununda liflere dik yönde çekme direncini İİGKÖ'ne göre İİGTÖ'nin tümünde azaltmıştır. Kontrol örneklerine göre oluşan değişim incelendiğinde (Şekil 3.40) ısıtım işlem sıcaklığı ve süresinin liflere dik çekme direnci üzerinde etkili olduğu, hem sıcaklık hem de süre artışına paralel olarak direnç değerlerinin düştüğü ve en fazla düşüşün ise 212°C ve 2 saat İİGTÖ'nde %66,14 şeklinde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.40. Liflere dik çekme direncinde değişim (%).

Literatürde de ısıtım işlem sıcaklığının artması ile liflere dik çekme direncinin önemli oranda azaldığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Korkut ve diğ. (2008), Korkut ve diğ. (2009) çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

3.3. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE İRDELEME

3.3.1. Janka Sertlik Değeri

Isıtım işlem görmüş Yabani Kiraz odununda İİGTÖ ile KÖ janka sertlik değerlerine ilişkin istatistik veriler Çizelge 3.88'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre enine kesitte sertlik değeri en yüksek 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 34,62 N/mm², en düşük 26,34 N/mm² olarak KÖ'nde belirlenmiştir. Radyal kesitte sertlik değeri en yüksek 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 17,75 N/mm², en düşük 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde 11,70 N/mm² belirlenmiştir.

Teğet kesitte sertlik değeri en yüksek 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 13,99 N/mm², en düşük 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde 9,43 N/mm² olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.88. Janka sertlik değerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	SS	ED	EY	R
Enine Kesit Sertlik	KÖ	-	26.34	2.30	22.74	30.62	11.62
	190	1	32.05	3.59	23.70	36.62	7.72
	190	2	34.62	5.23	22.68	41.93	6.85
	212	1	28.89	1.84	25.18	32.68	5.64
	212	2	28.71	2.42	24.71	34.51	5.14
Radyal Kesit Sertlik	KÖ	-	13.76	2.49	9.59	19.03	
	190	1	14.61	2.80	8.92	18.25	
	190	2	17.63	4.15	9.45	25.44	
	212	1	13.22	1.21	10.68	16.50	
	212	2	11.70	1.68	8.58	14.70	
Teğet Kesit Sertlik	KÖ	-	12.26	1.59	9.41	16.85	
	190	1	12.03	1.81	7.49	14.55	
	190	2	13.99	3.27	7.62	21.57	
	212	1	10.38	1.56	7.41	13.25	
	212	2	9.43	1.09	7.68	11.91	

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, R: Deney anı rutubet miktarı (%), Örnek Sayısı: 32.

Janka Sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek için yapılan ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.89’de verilmiştir.

Çizelge 3.89. Janka sertlik değerine ilişkin BVA sonuçları.

Janka sertlik BVA		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Enine Kesit	Gruplar içi	1334.644	4	333.661	30.379	0.000
	Gruplar arası	1702.435	155	10.983		
	Toplam	3037.079	159			
Teğet Kesit	Gruplar arası	401.4234	4	100.356	24.814	0.000
	Gruplar içi	626.8814	155	4.04440		
	Toplam	1028.305	159			
Radyal Kesit	Gruplar arası	619.451	4	154.863	21.732	0.000
	Gruplar içi	1104.550	155	7.126		
	Toplam	1724.001	159			

*)P≤0.05

Isıl işlem görmüş Yabani Kiraz odununda Janka sertlik değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre İİGTÖ ile KÖ Janka sertlik değerleri arasındaki

farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.88).

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için varyasyonlar arası etkileşim değerleri Çizelge 3.90'da verilmiştir.

Çizelge 3.90. Janka sertlik değerlerine ilişkin etkileşim sonuçları.

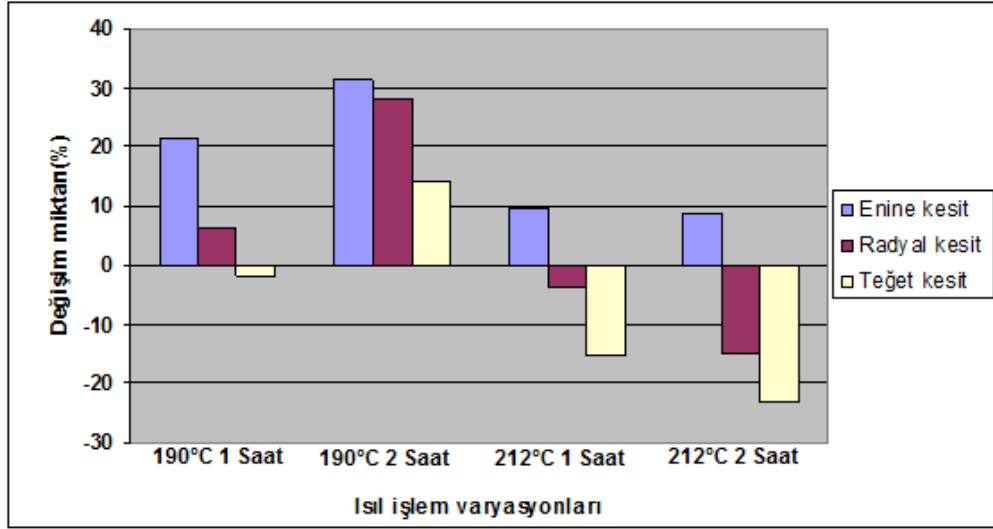
	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	\bar{X} (N/mm ²)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Enine Kesit	DKÖ	-	26.34	a	DKÖ - 190 1	-5.70*	190 1-212 1	3.15*
	190	1	32.05	c	DKÖ - 190 2	-8.27*	190 1-212 2	3.33*
	190	2	34.62	d	DKÖ - 212 1	-2.54*	190 2-212 1	5.72*
	212	1	28.89	b	DKÖ - 212 2	-2.36*	190 2-212 2	5.90*
	212	2	28.71	b	190 1 -190 2	-2.57*	212 1-212 2	0.180
Radyal Kesit	DKÖ	-	13.76	bc	DKÖ - 190 1	-0.852	190 1-212 1	1.390
	190	1	14.61	c	DKÖ - 190 2	-3.87*	190 1-212 2	2.91*
	190	2	17.63	d	DKÖ - 212 1	0.537	190 2-212 1	4.41*
	212	1	13.22	b	DKÖ - 212 2	2.058*	190 2-212 2	5.93*
	212	2	11.70	a	190 1 -190 2	-3.02*	212 1-212 2	1.520
Teğet Kesit	DKÖ	-	12.26	b	DKÖ - 190 1	0.225	190 1-212 1	1.65*
	190	1	12.03	b	DKÖ - 190 2	-1.73*	190 1-212 2	2.60*
	190	2	13.99	c	DKÖ - 212 1	1.87*	190 2-212 1	3.61*
	212	1	10.38	a	DKÖ - 212 2	2.83*	190 2-212 2	4.56*
	212	2	9.43	a	190 1 -190 2	-1.95*	212 1-212 2	0.951

*) $P \leq 0.05$

Duncan testi sonuçlarına göre enine kesit janka sertliğinde İİGTÖ ile KÖ arasında anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır. Radyal kesitte KÖ ile İİGTÖ'nin 190°C 1 saat ve 212°C 1 saat örnekleri hariç diğer varyasyonlar arasında, teğet kesitte ise 190°C 1 saat hariç KÖ ile İİGTÖ arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrası bütün varyasyonlar içinde sadece enine kesit sertliğinde artış görülmekte olup radyal ve teğet kesit değerlerinde farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. En yüksek Janka Sertlik değerlerine ise 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde rastlanmış olup ısıl işlem sıcaklık ve süresinin değişimine bağlı olarak KÖ'ne göre hesaplanan değişim oranları Şekil 3.41'de verilmiş bulunmaktadır. Yabani Kiraz odununda sıcaklık arttıkça sertlik değerinde meydana gelen artışta azalma görülmüş, teğet ve radyal sertlik değerleri 212°C varyasyonlarında ise elde edilen sonuçlar İİGTÖ'nden daha düşük çıkmıştır. (Janka sertlik değerlerinin belirlenmesi için hazırlanan örnekler 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde 2 ay bekledilmiş ve deney

anındaki rutubetler belirlenmiştir. Rutubet değerleri %12'den farklı çıkmıştır. Deney örneklerinin rutubetlerinin %12 olması durumunda janka sertlik değerlerinin daha farklı olacağı göz önünde tutulmalıdır).



Şekil 3.41. Janka sertlik değerlerinde değişim (%).

Kocaefe ve diğ. (2008) çalışmalarında ısıl işlem görmüş çamda sertliğin radyal, teğet ve enine kesit yüzeylerinde %10-14 arasında arttığını, titrek kavakta ise enine keistte %17'e kadar iyileşme görüldüğünü ancak radyal ve teğet kesitlerde sırası ile %24 ve %13 oranında azaldığını bulmuşlardır. Çamda düşük sıcaklıklarda sertlikte meydana gelen artışın lignin ve hemiselülozun bozunması ve yeni moleküllere dönüşmelerinden kaynaklandığını, 200°C sıcaklık civarında selülozun değişmeye başladığını, amorf bölgelerin degrade olduğunu, formik ve asetik asit meydana geldiğini, bu sebeplerden dolayı sertliğin azaldığını belirtmektedirler. Selülozun değişiminin 200°C sıcaklık civarında başlaması münasebeti ile Titrek kavakta sertliğin bu sıcaklıkta hem radyal hem de teğet yönde bu nedenle artmaya devam ettiğini, çamda 210°C sıcaklıklarda bütün yönlerde sertliğin azaldığı ifade etmektedirler.

Boonstra (2008), 180°C sıcaklıkta ısıl işlem uygulamış olduğu sarıçam örneklerinde kontrol örneklerine göre brinell sertliğin enine kesitte %48 gibi önemli oranda, radyal yüzeyde ise sadece % 5 arttığını bildirmektedir.

Literatürde ısıl işlem ile birlikte sertlik değerlerinde azalma olduğunu işaret eden çalışmalar da bulunmaktadır. Won ve diğ. (2012) çalışmalarında çeşitli ağaç türlerine 175°C ve 200°C sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tuttukları çalışmalarının sonuçlarına göre,

175°C sıcaklıkta ısıl işlem uyguladıkları *Betula costata* (%16,55 artış) hariç tüm sıcaklık varyasyonlarında Brinell sertliğin %2,22'den %32,54'e kadar varan oranlarda düştüğünü belirtmektedirler.

Bakar ve diğ. (2012), kauçuk, ardıç ve kırmızı meşe odunlarında ısıl işlem ve uygulama süresinin (120°C ve 190°C ile 2 ve 8 saat) yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik, makaslama direnci(shear strength) ve sertlik değerı üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda her üç ağaç türünde makaslama direnci ve sertlik değerinin sırası ile %52,7'den %69,4 ve %10,8'den %33,3'e kadar ısıl işlem sıcaklık ve süresi arttıka azaldığı belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ısıtım işlem ve ısıtım işlemden sonra hızlandırılmış yaşlandırma uygulanmış Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununu incelenmiştir.

Isıtım işlem, 190 ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ThermoWood yöntemi gerçekleştirilmiş ve hazırlanan deney örneklerinin bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

Isıtım işlem görmüş varyasyonlar ile ısıtım işlem görmemiş kontrol örneklerinden teşkil edilen test örneklerine 144, 288, 576 ve 864 saat süre ile yapay yaşlandırma uygulandıktan sonra yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık gibi fiziksel özelliklere bakılmıştır. incelenmiştir. Fiziksel, mekanik ve teknolojik deney ve ölçümlerin ortalama değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Isıtım işlem görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda tam kuru yoğunluk %14,71, hava kurusu yoğunluk %15,52’e kadar azalmıştır. Isıtım işlem sıcaklığı artışı ve süresinin uzaması ile birlikte yoğunluk azalması da artmıştır. Kütle kayıpları hem odunun ağırlığının azalmasına hem de boşluklu yapının artmasına neden olduğu için, yoğunluktaki azalmanın temelde kütle kayıplarından kaynaklandığı söylenebilir. Öte yandan ısıtım işlem ile birlikte oluşan daha düşük denge rutubeti içeriği, yoğunluktaki azalmanın diğer bir sebebi olarak belirtilebilir.

Isıtım işlem sonrasında daralma ve genişleme azalmış, en yüksek değerlere 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ’nde ulaşılmıştır. Hacimce daralmada %44’e, hacimce genişleme miktarlarında ile %54,31’e kadar azalma meydana gelmiştir. Bu sonuçlar ısıtım işlem görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda ısıtım işlem sıcaklık ve süresinin artırılmasının boyutsal stabilitede daha iyi değerlerin elde edilmesine imkan sağlayacağını göstermektedir.

Isıtım işlemin meydana getirdiği fiziksel ve kimyasal değişimler sonrası odun daha hidrofobik karakter kazanmaktadır. Çünkü ısıtım işlem en fazla odunun en higroskopik bileşiği olan hemiselülozun bozulmasına ve miktarının azalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 4.1. Fiziksel, mekanik ve teknolojik deney ve ölçümlerin ortalama değerleri.

Varasyonlar	Tam kuru yoğunluk (gr/cm ³)	Hava kuru yoğunluk (gr/cm ³)*	Daralma (%)			Genişleme (%)			Isı İletkenliği (W/m.K)		Ortalama yüzey Pürüzlülüğü (µm)					Ortalama Parlaklık				
			βv	βt	βr	αv	αt	αr	λr	λt	İİ	144 ^Y	288 ^Y	576 ^Y	864 ^Y	İİ	144 ^Y	288 ^Y	576 ^Y	864 ^Y
KÖ	0.568	0.612	12.94	7.43	5.52	13.9	8.00	4.91	0.147	0.140	6.75	10.37	15.48	16.69	17.61	4.34	1.50	0.89	3.29	3.42
190°C 1 Saat	0.532	0.560	12.25	7.31	4.89	12.3	7.30	3.62	0.128	0.122	6.45	8.15	10.74	10.49	10.22	3.32	4.19	2.23	2.85	4.96
190°C 2 Saat	0.529	0.550	10.94	6.52	4.33	10.2	5.61	3.60	0.125	0.119	5.99	8.35	9.31	11.84	11.24	2.93	2.58	2.36	3.41	4.29
212°C 1 Saat	0.505	0.540	8.54	5.08	3.29	7.04	4.11	2.05	0.115	0.115	5.46	8.98	9.40	10.91	11.16	3.04	2.55	3.11	3.26	4.36
212°C 2 Saat	0.484	0.517	7.23	4.20	2.82	6.36	3.90	1.62	0.114	0.109	5.43	9.25	11.13	10.23	10.03	2.04	2.35	2.69	3.46	5.90
Varasyonlar	Toplam Renk farklılığı (ΔE)					Liflere paralel basınç direnci (N/mm ²)*	Eğilme direnci (N/mm ²)*	Elastikiyet modülü (N/mm ²)*	Dinamik eğilme direnci (kN/cm)*	Liflere dik çekme direnci (N/mm ²)*	Janka sertlik (N/mm ²)									
	İİ	144 ^Y	288 ^Y	576 ^Y	864 ^Y						Enine kesit*	Radyal kesit*	Teğet Kesit*							
KÖ	-	27.8	30.64	16.12	18.29	44.99	95.39	12793.8	1.0393	0.9188	26.34	13.76	12.26							
190°C 1 Saat	19.98	7.08	13.22	17.25	21.03	45.78	86.61	13795.7	0.7024	0.8430	32.05	14.61	12.03							
190°C 2 Saat	20.92	5.91	13.28	20.22	26.08	51.24	82.58	14160.5	0.6679	0.6643	34.62	17.63	13.99							
212°C 1 Saat	31.33	6.67	10.75	20.33	28.34	47.60	67.25	13580.6	0.6270	0.6211	28.89	13.22	10.38							
212°C 2 Saat	32.62	5.48	9.33	19.87	24.34	45.40	66.64	13054.7	0.5420	0.4022	28.71	11.70	9.43							

(*: Örnekler 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemde bekledildikten sonra ölçüm ve deneyler yapılmıştır. y: hızlandırılmış yaşlandırma, İİ: Isıl işlem sonrası ölçülen değerler).

Suya erişilebilirliğin kısıtlanması odunun suya olan ilgisini azaltmakta, böylece boyutsal değişim miktarı da azalmaktadır. Isıl işlemin bir diğer çıktısı da sıcaklık artışı ile birlikte kütle kayıplarındaki kayıpların artması şeklinde olmaktadır. Bu durum yüksek sıcaklıklarda boyutsal değişim miktarının daha çok azalmasının sebebi olarak ifade edilebilir.

Isıl işlem görmüş Yabani Kiraz *Cerasus avium*(L.) Monench) odununda ısı iletkenliği azalmış, en yüksek azalma 212°C ve 2 saat İİGTÖ'nde radyal yönde %22,04, teğet yönde %21,98 olarak gerçekleşmiştir. Isıl işlem sonrasında Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu daha yalıtkan hale gelmiştir.

Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda tüm İİGTÖ'nin Ra değerleri KÖ'den daha küçük belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artması ve süresinin uzaması ile Ra değerleri, en küçük 212°C sıcaklık 2 saat İİGTÖ'nde, KÖ'ne göre %19,54 daha az belirlenmiştir. Buradan ısıl işlemin yüzey kalitesini olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma uygulanmış sonrası örneklerde belirlenen Ra değerlerinden, İİGTÖ'nde KÖ'ne göre daha düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür. Yaşlandırma süresi uzadıkça KÖ Ra değişimi daha yüksek olmuştur. Bu sonuçlar, ısıl işlem görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununun, UV, yağmurlama ve kondisyonlama şartları altında KÖ'ne göre daha stabil olduğunu göstermesi bakımından önemli bulunmaktadır. Diğer önemli bir nokta ise, yaşlandırma süresi boyunca İİGTÖ'nin birbirlerine çok yakın Ra değerleri almalarıdır. 288 saatlik yaşlandırmada bütün İİGTÖ, KÖ'ne göre tek bir eş grup altında toplanmışlardır. Diğer taraftan 288 saatlik yaşlandırmadan itibaren İİGTÖ'nin Ra değerlerinde yaşlandırma sonuna kadar çok önemsenmeyecek farklar meydana gelmiştir.

Isıl işlem Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu renginin koyulaşmasına sebep olmuş, koyulaşma ısıl işlem sıcaklığının yükselmesi ile birlikte artmıştır. En büyük renk koyulaşması 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda gerçekleşmiştir. Renk koyulaşmasının ana nedeni renk parlaklığında meydana gelen değişim olmakla birlikte sarı ve kırmızı renk tonlarındaki değişimlerde koyulaşmada etkili olmuştur. Isıl işlem sonrasında renk parlaklığındaki en büyük değişim, 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda %43,58 olarak belirlenmiştir.

Hızlandırılmış yapay yaşlandırma şartlarında İİGTÖ renk değişimine karşı KÖ'ne göre daha stabil kalmış olmalarına rağmen, 576 saatlik yaşlandırmadan itibaren tüm örneklerin renklerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Uzun yapay yaşlandırma süresi sonunda ısı işlem görmüş örneklerin rengi açılmış ve yüzey tabakalarında grileşme meydana gelmiştir. Bu değişimde yaşlandırmada kullanılan test cihazı ile UVB 313 EL lambalarının etkisi önemli bulunmaktadır. Test cihazında UV lambaların paneller üzerine etkisi çok yakın bir mesafeden olmakta ve aynı zamanda kısa dalga boyu nedeni ile UVB 313 EL lambalarının malzeme üzerindeki defroamsyon etkisi oldukça fazla olmaktadır.

Yaşlandırmanın başlangıcında İİGTÖ'nin L^* ve a^* değerlerinde çok az bir değişim olmasına rağmen, b^* değerleri daha fazla değişime uğramış ve ΔE^* değerlerindeki küçük değişimden sorumlu olmuştur. Devam eden yaşlandırma sürecinde, hem 144 hem de 288 saat yaşlandırmada renk stabilitesi en yüksek olan varyasyon 212°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ olmuştur. Öte yandan, yaşlandırma süresi boyunca L^* değerleri artma, a^* ve b^* değerleri azalma yönünde eğilim göstermiş, ekstrem değerlere 864 saatlik yaşlandırma sonucunda ulaşılmıştır. Yaşlandırma sürecinde en ilginç değişim KÖ'nde gerçekleşmiş, başlangıçtaki büyük renk ΔE^* değişimine karşılık, 576 ve 864 saatlik yaşlandırmaların ardından hem renk parlaklığı hem de ΔE^* değerlerinde yaşlandırma başlangıcına göre yaklaşık %50'e yakın azalmalar meydana gelmiştir.

Isıl işlem sonrasında yaklaşık %55'e varan oranlarda parlaklık azalması meydana gelmiştir. Isıl işlem ile parlaklıkları azalan Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu yapay yaşlandırma ile birlikte parlaklığını tekrar kazanmış, hatta yüksek sıcaklıklarda elde edilen sonuçlara göre ısı işlem görmemiş odundan daha yüksek parlaklık değerleri elde edilmiştir.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

Isıl işlem Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda liflere paralel basınç direnci değerini artmıştır. Liflere paralel basınç direncindeki en yüksek artış 190°C sıcaklık ve 2 saat İİGTÖ'nde KÖ'ne göre %12,19 olarak tespit edilmiştir.

Isıl işlem eğilme direncinin azalmasına sebep olmuş, sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça eğilme direncindeki azalma miktarı artmıştır. Eğilme direncinde %30'lara varan azalma tespit edilmiş, eğilme miktarı üzerine ısı işlem sıcaklığı süreden daha etkili olmuştur.

Eğilmede elastikiyet modülünde ısıtım işlem ile birlikte artış gözlenmiş, sıcaklık ve süre artışı ile birlikte gözlenen artışlarda azalma belirlenmiştir. 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda yaklaşık %10 artan elastikiyet modülü değeri, 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda sadece % 2 kadar artmıştır. Eğilmede elastikiyet modülündeki değışim, özellikle 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtım işlem görmüş ağaç malzemenin daha rijit yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Isıtım işlem dinamik eğilme direncinde azalmaya neden olmuş olup, %45'lere kadar azalma meydana gelmiştir.

Isıtım işlem ile birlikte en fazla direnç kaybı liflere dik çekme direncinde tespit edilmiştir. Liflere dik çekme direncinde yaklaşık %65 oranında azalma belirlenmiştir.

4.3. TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER

Isıtım işlem ile birlikte enine kesit Janka sertlik değeri artışı görülmüştür. 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda % 30'a kadar oranlarda artan enine kesit sertliği, 212°C sıcaklıkta yaklaşık % 10 oranında artmıştır.

4.4. ÖNERİLER

Isıtım işlem uygulanmış Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odunu;

- Boyutsal stabilitenin önemli olduğu kullanım yerlerinde, örneğin dış cephe kaplamaları, deck ve bahçe mobilyası gibi dekorasyon uygulamalarında kullanılabilir.
- Pencere yapımında, tavan ve iç mekan duvar kaplaması olarak kullanılabilir.
- Mobilya uygulamalarında, ısıtım işlemle birlikte meydana gelen renk değışimi estetik unsurların ön plana çıktığı üretimlerde değerlendirilebilir. Herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması, ThermoWood ısıtım işlemi uygulanmış ahşabı alternatiflerine göre avantajlı kılmaktadır.
- Yalıtımın önemli olduğu alanlarda kullanılabilir.
- Isıtım işlem ile birlikte eğilme direncindeki azalma, eğici kuvvetlerin etkili olduğu kiriş vb. kullanımlarda Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununun

yapı elemanı olarak değerlendirilmesini kısıtlayabilir. Ancak basınç direncinde yüksek sıcaklıklarda dahi herhangi bir kaybın olmaması dikkate değerdir, olumlu bir sonuç olarak dikkate alınmalı ve buna göre uygun bir şekilde değerlendirilmelidir.

- Elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direncindeki değişimler, ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin ani gerilmeler karşısında ısıtma işlemi görmemiş ağaç malzemeye karşı daha hassas olduğu görülmektedir. Benzer şekilde liflere dik zıt yönlü kuvvetlerin etkisinin bulunduğu kullanım alanlarında Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun değerlendirilmemesi gerekmektedir.
- Isıtma işlemi görmüş Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununda yan sertliklerde meydana gelen ve bulunan sertlik değerlerine göre taban döşemesi olarak kullanımının uygun olup olmayacağı üzerinde çalışılmalıdır.
- Isıtma işlemi tabii tutulmuş odun yapısında meydana gelen değişiklikler sayesinde orman ürünleri sanayinde önemli avantajlar sunmaktadır. Boyutsal stabilitede sağlanan iyileşme ile birlikte mobilya üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin ticari değerinin yükselmesine katkıda bulunacaktır.
- Isıtma işlemi çevreye zararlı herhangi bir maddenin kullanılmaması, çevre bilinçlenmesine paralel olarak çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasına da katkıda bulunacaktır.
- UV ışınlarının etkisine karşı lignin bozunmasını geciktirici maddelerle birlikte yüzey işleme yapılması uygun olacaktır.

Çalışmanın devamında ThermoWood yöntemi ile ısıtma işlemi uygulanmış Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununda, kimyasal ve anatomik yapının araştırılması ile ısıtma işleminin ağaç malzeme üzerindeki etkilerinin anlaşılması bakımından önemli bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akgül M., Korkut S., The effect of heat treatment on some chemical properties and colour in scots pine and uludağ fir wood, *International Journal of Physical Sciences*, 7(21) (2012) 2854-2859.
- Aksoy Ahmet., Deveci M., Baysal E., Toker H., Colour and gloss changes of socts pine after heat modification, *Wood Research*, Vol.56 (2011) No.3.
- Alén R., *Structure and chemical composition of wood*, In: Stenius, P. (ed.). Forest products chemistry. Fapet Oy, Helsinki, (2000).
- Altınok M., Perçin O., Doruk Ş., Isıl İşlemin (Thermo-Process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (2010).
- Anonim, <http://www.thermowood.fi> (Erişim Tarihi: 28 Haziran 2010).
- Anonim, <http://www.q-lab.com> (Erişim Tarihi:26 Aralık 2012).
- Anonim, http://www.forestry.toronto.edu/treated_wood/thermalmod (Erişim Tarihi: 29 Nisan 2013a).
- Anonim, <http://nova@novawood.com.tr> (Erişim tarihi 13 Şubat 2013b).
- Anonim, <http://www.platowood.nl> (Erişim Tarihi: 15 Şubat 2013c).
- Anonim, <http://web.ogm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 15 Nisan 2013d).
- ASTM C 177/C 518, Methods of measuring thermal conductivity, absolute and reference method, *American Society for Testing and Materials International*, West Consokocken, (2004).
- ASTM C 1113-99, Standart test for thermal conductivity of refractories by hot wire (Platinum Resistance Thermometer technique), *American Society for Testing and Materials International*, West Consokocken, (2004).
- ASTM G154., Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials, *American Society for Testing and Materials International*, Philadelphia, (2006).

- Ateş S., Akyıldız M.H., Özdemir H., Gümüşkaya E., Technological and chemical properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood after heat treatment, *Romanian Biotechnological Letters*, Vol. 15 (2010) No.1.
- Ateş S., Akyıldız MH., Özdemir H., Effects of heat treatment on calabrian pine, *BioResources*, 4(3) (2009) 1032-1043.
- Ayadi N., Lejeune F., Charrier F., Charrier B., Merlin A., Color stability of heat-treated wood during artificial weathering, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61 (2003) 221–226.
- Aydemir D., Gökmar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, (2007).
- Aytaşkın A., çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2009).
- Bakar B.F.A., Hiziroğlu S., Tahir P.M., Properties of some thermally modifies wood species, *Materials and Design*, 43 (2013) 348-355.
- Bak M., Nemeth R., Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil heat treated poplar(*Populus americana* cv. *Pannonia*) wood, *BioResources*, 7(4) (2012) 51248-5137.
- Bal B.C., Bektaş İ., The Effects of Heat Treatment on Some Mechanical Properties of Juvenile Wood and Mature Wood of *Eucalyptus grandis*, *Drying Technology*, 31 (2013) 479-485.
- Bekhta P., Niemz P., Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung*, 57(5) (2005) 539–546.
- Berkel A., *Ağaç Malzeme Teknolojisi (Birinci cilt)*, İstanbul Üniversitesi, Kurtulmuş Matbaası, (1970).
- Boonstra MJ., A two-stage thermal modification of wood, *Ph.D. dissertation in cosupervision*, Ghent University and Université Henry Poincaré, Nancy-Fransa, (2008).

- Borrega M., Mechanisms affecting the structure and properties of heat-treated and high-temperature dried Norway spruce (*Picea abies*) wood, *Dissertationes Forestales*, Faculty of Science and Forestry University of Eastern Finland, Finlandiya, (2011).
- Bozkurt A.Y., Erdin N., Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi, ISBN 975-404-449-X, (1997).
- Bozkurt Y., Erdin N., *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, (1997).
- Bozkurt Y., Erdin N., *Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, (1989).
- Bozkurt AY., Göker Y., *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, (1987).
- Bustos Avila C., Escobar WG., Coloutier A., Fang CH., Carrasco PV., Densification of wood veneers combined with oil heat treatment, *BioResources*, 7(2) (2011) 1525-1532.
- Çakıcıer N., Sevim Korkut D., Ahşap yüzeylere uygulanan kaplama katmanlarında yaşlandırma testleri, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(1) (2009) 75-90.
- Çakıcıer N., Korkut S., Korkut DS., Kurtoğlu A., Sönmez A., Effects of QUV accelerated aging on surface hardness, surface roughness, glossiness, and color difference for some wood species, *International Journal of the Physical Sciences*, 6(8) (2011) 1929-1939.
- Çakıcıer N., Ağaç malzeme yüzey işlemi katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (2007).
- Çalıova Z., Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2011).
- DIN 4768, Determination of values of surface roughness parameters Ra, Rz, Rmax using electrical contact (stylus) instruments, concepts and measuring conditions, (1990).
- Dilik T., Hiziroğlu S., Bonding strength of heat treated compressed Eastern redcedar wood, *Materials and Design*, 42 (2012) 317-320.

- Doruk Ş., Perçin O., Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerin eğilme ve basınç direncine etkileri, *Politeknik dergisi*, Cilt 13, (2010) Sayı 2.
- Dubey MK., Pang S., Walker j., Color and dimensional stability of oil heat-treated radiata pinewood after accelerated UV weathering, *Forest Products Journal*, (2010).
- Dubey M.K., Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil, *Forestry at the University of Canterbury*, New Zealand, (2010).
- Enjily V., Jones D., The potential for modified materials in the panel products industry, *Wood Resources and Panel Properties Conference*, Valencia-Spain, (2006) E44/E49.
- Esteves B.M., Pereira H.M., Heat treatment of wood, *BioResources*, 4(1) (2009) 370-404.
- Eşen D., Yıldız O., Kulaç Ş., Sargıncı M., Türkiye ormanlarının ihmal edilen değerli yapraklı türü, *TBMMO Orman Mühendisleri Odası Dergisi*, 42 (4-5-6) (2005) 18-22.
- Feist, WC., Hon DNS., Chemistry of weathering and protection in the chemistry of solid wood, *American Chemical Society*, (1984) 401-454.
- Johansson D., Heat treatment of solid wood effects on absorption, strength and colour, *Doctoral Thesis*, Luleå Teknoloji Üniversitesi, Department of Skellefteå Campus, Sweden, (2008).
- Johansson D., Strength and colour response of solid wood to heat treatment, *Licentiate Thesis*, Luleå Teknoloji Üniversitesi, Department of Skellefteå Campus, Sweden, (2005).
- Gonzalez de Cademartori P.H., Schneid E., Gatto DA., Beltrame R., Stangerlin DM., Modification of static bending strength properties of eucalyptus grandis heat-treated wood, *Materials Research*, 15(6) (2012) 922-927.
- Gu, H. M., and Hunt, J.F., “Two-dimensional finite element heat transfer model of softwood. part III. effect of moisture content on thermal conductivity”, *Wood and Fiber Science*, 39 (1) (2007) 159-166.
- Güller B., Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of Pinus nigra wood, *African Journal of Biotechnology*, 11(9) (2012) 2204-2209.

- Güler FD., Bazı ağaç türlerinde ısıtım işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi (2010).
- Hill C., Wood modification: chemical, thermal and other processes, wiley series in renewable resources, *John Wiley & Sons Inc.*, (2006).
- Huang X., Kocaefe D., Kocaefe Y., Boluk Y., Pichette A., A spectrophotometric and chemical study on color modification of heat-treated wood during artificial weathering, *Applied Surface Science*, 258(14) (2012) 5360–5369.
- Huang X., Kocaefe D., Kocaefe Y., Boluk Y., Pichette A., Study of the degradation behavior of heat treated jack pine (*pinus banksiana*) under artificial sunlight irradiation, *Polymer Degradation And Stability*, Volume 97 (2012) 1197-1214.
- Horvath N., Csopor K., Molnar S., Nemeth R., Chemical-free wood preservation – the effect of dry thermal treatment on wood properties with special emphasis on wood resistance to fungal decay, *International Scientific Conference*, Sopron-Hungary (2012).
- ISO 4287., Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters, *International Standart Organization*, (1997).
- ISO 7724-2 “Paints and varnishes-colorimetry-part 2: colour measurement”, ISO standart, (1984).
- ISO 7724-3 “Paints and varnishes-colorimetry-part 3: Calculation of colour differences”, ISO standart, (1984).
- Karakaş G., Ahlat (*pyrus elaeagnifolia pall.*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıtım işlemim etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, (2008).
- Kasemsiri P., Hiziroğlu S., Rimduist S., Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana L.*), *Journal of Materials Processing Technology*, 212 (2012) 1324– 1330.
- Kitahara, K. and Chugenji, M. 1951. Effects of heat treatment on the mechanical properties of wood, *J.Jap. For.Soc.*, 33 (1951) 414-419.

- Kocaefe D., Shi L.J., Yang D-Q., Bouazara M., Mechanical properties, dimensional stability, and mold resistance of heat-treated jack pine and aspen, *Forest Products Journal* 58(6) (2008) 88-93.
- Kocaefe D, Poncsak S, Boluk Y., Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen, *BioResources* 3 (2) (2008) 517-537.
- Korkut S., Bektaş İ., The effects of heat treatment on physical properties of uludağ fir (*abies bornmuelleriana* mattf.) and scots pine (*pinus sylvestris* L.) wood, *Forest Products Journal*, 58(3) (2008) 95-99.
- Korkut S., Korkut D.S., Bekar İ., Okalıptüs (*eucalyptus camaldulensis* dehn.) odununun bazı teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi, *I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 15-17 Nisan 2008 Tarsus-Mersin, 209-214 (2008).
- Korkut S., Kocaefe D., Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5 (2) (2009) 11-34.
- Korkut S., Alma M.H., Elyıldırım .K., The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood, *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8 (20) (2009) 5316-5327.
- Korkut S., Budakçı M., The effects of high-temperature heat-treatment on physical properties and surface roughness of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.) wood, *Wood Research*, 55(1) (2010) 67-78.
- Kurtoğlu A., Ağaç Malzeme Üst Yüzey İşlemleri, İstanbul Üniversitesi, ISBN 975-404-590-9(1.Cilt), (2000).
- Li X., Cai Z., Mou Q., Wu Yi., Liu Y., Effects of heat treatment on some physical properties of douglas fir (*pseudotsuga menziesii*) wood, *Advanced Materials Research Vols. 197-198* (2011) 90-95.
- Matsuo M., Yokoyama M., Umemura K., Gril j., Yano K. ve et al., Color changes in wood during heating: kinetic analysis by applying a time-temperature superposition method, *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 99(1) (2010) 47-52.

- Mburu F., Dumarçay S., Bocquet J.F., Petrisans M., Gerardin P., Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of *Grevillea robusta* wood, *Polymer Degradation and Stability*, 93 (2008) 401-405.
- McCORMICK, K., TAS, P., 1999, ‘‘Application 1.0 Portable gloss Measurement’’, <https://www.tappi.org/content/enewsletter/eplace/2006/16-McCormick..pdf>, [Erişim tarihi: 04 Nisan2013].
- McDonald KA., Falk RH., William RS., Winandy JE., *Wood Decks. Materials, Construction, and Finishing*. Forest Products Society, Madison, WI, (1996).
- Mitsui K., Changes in color of spruce by repetitive treatment of light-irradiation and heat treatment., *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64 (2006) 243–244.
- Niemz P., Hofmann T., Wetzig M., Retfalvi T., Mechanical, physical and chemical properties of wood, heat-treated with the vacuum-press-dewatering method, University of West Hungary, Sopron, (2011).
- Niemz P., Hofmann T., Rétfalvi T., Investigation of chemical changes in the structure of thermally modified wood, *Maderas Ciencia Y Tecnologia*, 12(2) (2010) 69-78.
- Nuopponen M., FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of scots pine wood and its extractable compounds, *Doctoral dissertation*, Helsinki University of Technology, Espoo-Finland, (2005).
- Özcan S., Özçiftçi A., Hiziroğlu S., Toker H., Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength, *Construction and Building Materials*, 33 (2012) 7–13.
- Özçiftçi A., Altun S., Yapıcı F., Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, (2009).
- Örs Y., Keskin H., *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Atlas, İstanbul, (2001).
- Pizzi A., Dailing M., Infrared Spectrometrical Determination of Resorcinal Content of Tannin-Based Wood Adhesives, *Holzforschung Und Holzverwertung*, V. 32 (1980) 39-41.

- Poncsak S., Kocaefe D., Bouazara M., Pichette A., Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*), *Wood Science and Technology* 40 (2006) 647-668.
- Poncsak S., Kocaefe D., Younsi R., Improvement of the heat treatment of Jack pine (*Pinus banksiana*) using ThermoWood technology, *Eur. J. Wood Prod.*, 69 (2011) 281–286.
- Rapp A.O., Review on heat treatments of wood, *European Thematic Network for Wood Modification*, Hamburg-Almanya, (2001).
- Sefil Y., Thermowood yöntemiyle ısıtılmış işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2010).
- Sevim Korkut D., Güller B., The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Science Direct, Bioresource Technology* 99 2008 2846–2851.
- Sevim Korkut D., Hiziroğlu S., Aytin A., Effect of Heat Treatment on Surface Characteristics Wild Cherry Wood, *BioResources* 8(2), (2013) 1582-1590.
- Shi, J. L., Kocaefe, D. and Zhang, J., “Mechanical behaviour of québec wood species heat-treated using thermowood process” , *Holz als Roh-und Werkstoff*, 65 (4) (2007) 255-259.
- Sjöström E., *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. Second Edition, Academic Press, (1993).
- Srinivas K., Pandey K.K., Effect of Heat Treatment on Color Changes, Dimensional Stability, and Mechanical Properties of Wood, *Institute of Wood Science and Technology, Bangalore*, 32(4) (2012) 304–316.
- Stamm A.J., Wood and Coating, *Wood and Cellulose Science*, V.120 (1978) 45-47.
- Suits LD., Hsuan YG., Assessing the photo-degradation of geosynthetics by outdoor exposure and laboratory weatherometer, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol.21 (2003) 111-122.
- Sundqvist B., Colour changes and acid formation in wood during heating. *Doctoral Thesis*, Lulea Teknoloji Üniversitesi, Skellefteå-Sweden, (2004).

- Şahin Kol H., 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*, Vol. 121 (2011) 2473–2480.
- Şahin Kol, H., Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing, *Journal of Environmental Biology*, 31(6) (2010) 1007-1011.
- Şahin, Kol, H., “Thermal and dielectric properties of pine wood in the transverse direction”, *BioResources*, 4 (4) (2009) 1663-1669.
- Tjeerdsma FB., Heat treatment of wood- thermal modification, *Coford Seminar on Wood Modification: Opportunites and Challenges*, Dublin- Ireland (2006).
- Tjeerdsma B.F., Boonstra M., Pizzi A., Militz H., Characterisation of thermally wood: molecular reasons for wood performance improvemnet, *Holz Rh Werkst* 56 (1998)149-153.
- Todorovic N., Popovic Z., Miliç G., Popadic R., Estimation of heat-treated beechwood properties by color change, *BioResources*, 7(1) (2012) 799-815.
- Tomak ED., Yıldız ÜC., Odunun kimyasal modifikasyonu, *III. Ulusal Karadeniz Ormançılık Kongresi*, Artvin-Türkiye, (2010) 1681-1690.
- Tozluoğlu A., Korkut S., Çöpür ., Aytin A., Yabani Kiraz odununun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine ısı işlemin (ThermoWood Methodu) etkisi, *II.Ulusal Mobilya Konresi*, Denizli-Türkiye, (2013).
- TS 971., Yüzey pürüzlülüğünün parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1988).
- TS 2470, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2471, Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2472, Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2474, Odunda statik eğilme dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).

- TS 2476, Odunda liflere dik doğrultuda çekme gerilmesinin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2477, Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2478, Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2479, Odunda statik sertliğin tayini., *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- TS 2595, Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1977).
- TS 4083, Odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1983).
- TS 4084, Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1983).
- TS 4085, Odunda hacimsel çekmenin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1983).
- TS 4086, Odunda hacimsel şişmenin tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1983).
- TS 4176, Odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması, *Türk Standartları Enstitüsü.*, Ankara, (1984).
- TS 4318., Boya ve vernikler, metalik olmayan boya katmanlarının 20°, 60° ve 85° açılarda parlaklık ölçümü, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1985).
- TS 6956., Yüzey pürüzlülüğü-terimler-yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin ölçülmesi için standart, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1989).
- TS CEN/TS 15679, Isıl işleme şekil verilmiş kereste-terimler ve karakteristikler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2010).
- Tuong VM., Li J., Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of acacia hybrid wood, *BioResources* 5(2) (2010) 1257-1267.

- Ünsal Öner., Ayrılmış Nadir., Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated turkish river gum(*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) *Wood, Journal of Wood Science*, 51 (2005) 405-409.
- Viitaniemi P., Jämsä S., Koskela K., Paajanen L., Vuorinen T., Maunu S., Paakkari T., Reaction mechanisms of modified wood. Finnish Forest Cluster Reseach Programme WOOD WISDOM (1998-2001), Final report. Paavilainen, L. (ed.). Helsinki-Finland, (2002).
- Wikberg H., Advanced solid state nmr spectroscopic techniques in the study of thermally modified wood, *Academic Dissertation*, Helsinki Üniversitesi, Helsinki-Finland, (2004).
- Won KR., Kim TH., Hwang K.K., Chng S.H., Hong NE. *et al.*, Effect of heat treatment on the bending strength and hardness of wood, *J. Korean Wood Sci. & Tech.*, 40(5) (2012) 303~310.
- Yaltırık F., Efe A., *Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae*, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, (1994).
- Yıldız S., Gezer E.D., Yıldız Ü.C., Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat, *Building and Environment*, 41 (2006) 1762-1766.
- Yıldız Sibel., Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (2002).
- Zkou Q., Tu D., Liao L., Guo Q., Moisture of heat-treatedwood, *BioResources* 8(1) (2013) 182-188.
- Yeşil Y., Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYTİN, Ayhan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 25.05.1970 Akçaabat
Telefon : 0 (380) 524 01 00
Faks : 0 (380) 524 00 97
e-mail : ayhanaytin@duzce.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi / O. E. M. Bölümü	2006
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi / O. E. M. Bölümü	1991
Lise	Trabzon Lisesi	1986

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-Halen	Düzce Üniversitesi Düzce Meslek Yüksekokulu	Öğr.Gör.
1994-2006	A.İ.B.Ü.- Düzce Meslek Yüksekokulu	Öğr.Gör
1992-1993	Bolu Orman İşletme Müdürlüğü	İşçi
1991-1992	Sürmene Orman İşletme Müdürlüğü	İşçi

Yabancı Dil

İngilizce ÜDS : 76.25 (2010)

Yayımlar

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler (SCI & SSCI & Arts and Humanities)

1. Sevim Korkut D., Hiziroğlu S., Aydin A., Effect of Heat Treatment on Surface Characteristics Wild Cherry Wood, *BioResources* 8(2), (2013) 1582-1590.

2. Korkut S., Güller B., Aytin A., Kök M. Ş., “Turkey’s native wood species: Physical and mechanical characterization and surface roughness of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.)”, Wood Research, , 54(2), (2009), 19-30.

Ulusal Dergilerde Yayınlanan Makaleler

1. Aytin A., Sevim Korkut D., “Düzce Orman Ürünleri Sanayisi’nin Sorunları ve Çözüm Önerileri”, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, (3)1, (2007), 1-17.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

1. Korkut S., Aytin A., Taşdemir Ç., “Effects of QUV Weathering on the Discoloration of Thermally Modified Wild Cherry Wood”, Forest Products Society 67th FPS International Convention, June 9-11, 2013, AT&T Executive Education & Conference Center, Austin- Texas-USA, (2013)
2. Korkut S., Ünsal Ö., Kocaefe D., Aytin A., "Evaluation of kiln-drying schedules for wild cherry wood (*Cerasus avium* (L.) Monench)", 12th International IUFRO Wood Drying Conference “Challenges and Opportunities Related to Tropical Lumber Drying”, July 30 to August 03, 2012, IPEF Technical Series, ISSN 0100-8137, , 15(36), 20, (2012)

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

1. Tozluoğlu A., Korkut S., Çöpür., Aytin A., Yabani Kiraz odununun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine ısı işlemin (ThermoWood Methodu) etkisi, II.Ulusal Mobilya Konresi, Denizli-Türkiye, (2013).

Ulusal & Uluslararası Projeler

3. Yabani kiraz odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi (DÜBAP 2012-2013, devam ediyor) (Araştırmacı).
4. Dişbudak Yapraklı Üvez (*Sorbus aucuparia* L.)’ nin Fiziksel, Mekanik, Kimyasal ve Kurutma Özellikleri LVL (Tutkallanmış Lamine Kereste) Üretimine Uygunluğu (2008-2009), DÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, (Araştırmacı).