



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

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEMİN (THERMOWOOD YÖNTEMİ) BAZI AĞAÇ  
TÜRLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ, ÇÜRÜKLÜK VE HAVA  
KOŞULLARINA KARŞI DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÖKHAN ÇOLAK**

**TEMMUZ 2014**

**DÜZCE**



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

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEMİN (THERMOWOOD YÖNTEMİ) BAZI AĞAÇ  
TÜRLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ, ÇÜRÜKLÜK VE HAVA  
KOŞULLARINA KARŞI DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÖKHAN ÇOLAK**

**TEMMUZ 2014**

**DÜZCE**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Gökhan ÇOLAK tarafından hazırlanan “Isıl işlemin (ThermoWood Yöntemi) Bazı Ağaç Türlerinin Fiziksel Özellikleri, Çürüklük ve Hava Koşullarına Karşı Dayanıklılığı Üzerine Etkileri” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 30/06/2014 tarih ve 2014/593 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

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

Üye  
(Eş Danışman)  
Doç. Dr. Coşkun KÖSE  
İstanbul Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Ümit BÜYÜKSARI  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ  
Bartın Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU  
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 18.07.2014

## ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Gökhan ÇOLAK’ın Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans 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.

18 Temmuz 2014

Gökhan ÇOLAK

*Sevgili Aileme...*

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanması süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Süleyman KORKUT'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen eş danışmanım Doç. Dr. Coşkun KÖSE'ye de şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın yürütülmesinde desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Nevzat ÇAKICIER'e, Araş. Gör. Evren TERZİ'ye, Öğr. Gör. Dr. Ayhan AYTİN'e, teşekkür ederim.

Ayrıca Yrd. Doç. Dr. Adem ÇINARLI'ya, Araş. Gör. Dr. Demet GÜRBÜZ'e, katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi DÜBAP-2013.02.03.177 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

**18 Temmuz 2014**

**Gökhan ÇOLAK**

<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>i</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>ii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ.....</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>EXTENDED ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. ISIL İŞLEM.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1. Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgiler .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2. Isıl İşlem Metotları .....</b>	<b>10</b>
<i>1.1.2.1. ThermoWood Metodu .....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2.2. Plato Wood Metodu.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2.3. Oil Heat Treatment Metodu.....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2.4. Retification (Retified Wood) Metodu.....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.2.5. Le Bois Perdure Metodu.....</i>	<i>17</i>
<b>1.2. ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 17</b>	
<b>1.2.1. Kimyasal Özellikler .....</b>	<b>17</b>
<i>1.2.1.1. Hemiselüloz .....</i>	<i>19</i>
<i>1.2.1.2. Selüloz.....</i>	<i>20</i>
<i>1.2.1.3. Lignin.....</i>	<i>21</i>
<i>1.2.1.4. Ekstraktif Maddeler .....</i>	<i>24</i>
<b>1.2.2. Fiziksel Özellikler .....</b>	<b>25</b>
<i>1.2.2.1. Yoğunluk.....</i>	<i>25</i>
<i>1.2.2.2. Odunun Çalışması .....</i>	<i>26</i>
<i>1.2.2.3. Yüzey Pürüzlülüğü.....</i>	<i>26</i>
<i>1.2.2.4. Renk Değişimi.....</i>	<i>29</i>
<i>1.2.2.5. Parlaklık .....</i>	<i>30</i>
<b>1.2.3. Biyolojik Özellikler.....</b>	<b>31</b>
<i>1.2.3.1. Çürüklük Mantarlarına Karşı Dayanıklılık Özellikleri.....</i>	<i>31</i>

<b>1.3. HAVA KOŞULLARINA KARŞI DAYANIKLILIK ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>36</b>
<b>1.3.1. Ağaç Malzeme Yaşlandırma Testleri .....</b>	<b>36</b>
<b>1.3.2. Xenon Lambası ile Hızlandırılmış Yaşlandırma .....</b>	<b>39</b>
<b>1.4. ARAŞTIRMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ.....</b>	<b>41</b>
<b>1.4.1. Kestane .....</b>	<b>41</b>
<b>1.4.2. Akçaağaç .....</b>	<b>44</b>
<b>1.4.3. Iroko .....</b>	<b>46</b>
<b>1.4.4. Sapelli .....</b>	<b>47</b>
<b>1.5. ARAŞTIRMADA KULLANILAN MANTARLAR.....</b>	<b>49</b>
<b>1.5.1. <i>Postia placenta</i> .....</b>	<b>49</b>
<b>1.5.2. <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....</b>	<b>50</b>
<b>1.5.3. <i>Trametes versicolor</i> .....</b>	<b>51</b>
<b>1.5.4. <i>Pleurotus ostreatus</i> .....</b>	<b>55</b>
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>58</b>
<b>2.1. MATERYAL.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2. YÖNTEM.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2.1. ThermoWood Metodu İle Isıl İşlem Uygulaması .....</b>	<b>58</b>
<b>2.2.2. Xenon Lambası ile Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması.....</b>	<b>59</b>
<b>2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi .....</b>	<b>60</b>
<b>2.2.3.1. Tam Kuru Yoğunluk.....</b>	<b>60</b>
<b>2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk.....</b>	<b>61</b>
<b>2.2.3.3. Daralma.....</b>	<b>62</b>
<b>2.2.3.4. Genişleme .....</b>	<b>63</b>
<b>2.2.3.5. Yüzey Pürüzlülüğü.....</b>	<b>66</b>
<b>2.2.3.6. Renk Farklılığı.....</b>	<b>67</b>
<b>2.2.3.7. Parlaklık .....</b>	<b>70</b>
<b>2.2.4. Çürüklük Mantarlarına Karşı Dayanıklılık Özelliklerin Belirlenmesi .....</b>	<b>71</b>
<b>2.2.4.1. Araştırmada Kullanılan Malzemelerin Temini ve Çürüklük Deneyi.....</b>	<b>71</b>
<b>2.2.4.1.1. Örneklerin Hazırlanması.....</b>	<b>72</b>
<b>2.2.4.2. Mantar Denemeleri .....</b>	<b>73</b>



2.2.4.2.1. Mantar Kùltürleri ve Besleme Levhalarının Hazırlanması.....	73
2.2.4.2.2. Toprağın Hazırlanması .....	74
2.2.4.2.3. Deneme Şişelerinin Hazırlanması .....	74
2.2.4.2.4. Aşılama İşlemi .....	76
2.2.4.2.5. Odun Örneklerinin Şişelere Yerleştirilmesi.....	76
2.2.4.2.6. Mantar Denemelerinin Sonlandırılması ve Ağırlık Kayıplarının Belirlenmesi.....	78
<b>2.2.5. Değişim Oranlarının Hesaplanması.....</b>	<b>80</b>
<b>2.2.6. Verilerin İstatistik Değerlendirmesi.....</b>	<b>80</b>
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>81</b>
<b>3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA ....</b>	<b>81</b>
<b>3.1.1. Yoğunluk. ....</b>	<b>81</b>
3.1.1.1. Tam Kuru Yoğunluk.....	81
3.1.1.2. Hava Kurusu Yoğunluk.....	88
<b>3.1.2. Daralma-Genişleme .....</b>	<b>99</b>
3.1.2.1. Daralma.....	99
3.1.2.2. Genişleme .....	113
<b>3.1.3. Yüzey Pürüzlülüğü .....</b>	<b>128</b>
3.1.3.1. Isıl İşlem Sonrası Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	128
<b>3.1.4. Parlaklık. ....</b>	<b>135</b>
3.1.4.1. Isıl İşlem Sonrası Parlaklık .....	135
<b>3.1.5. Renk. ....</b>	<b>145</b>
3.1.5.1. Isıl İşlem Sonrası Renk .....	145
3.1.5.2. Yaşlandırma Sonrası Renk .....	159
<b>3.2. ÇÜRÜKLÜK MANTARLARINA KARŞI DAYANIKLILIK ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>176</b>
3.2.1. Odun Bloklarında Mantarların Oluşturduğu Ağırlık Kayıpları.....	176
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>184</b>
<b>4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR.....</b>	<b>184</b>
4.1.1. Yoğunluk .....	184
4.1.2. Daralma-Genişleme.....	185
4.1.3. Yüzey Pürüzlülüğü .....	185
4.1.4. Renk Değişimi .....	186
4.1.5. Parlaklık.....	190

<b>4.2. BİYOLOJİK ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR.....</b>	<b>191</b>
<b>4.3. ÖNERİLER.....</b>	<b>196</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>198</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	ThermoWood yöntemi fırının doldurulması 12
Şekil 1.2.	ThermoWood ısıtım işlem grafiği 13
Şekil 1.3.	Plato Wood metodu işlem safhaları 14
Şekil 1.4.	Oil heat treatment işlem tankı 15
Şekil 1.5.	Oil heat treatment işlem tankı 16
Şekil 1.6.	Isıtım işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması 18
Şekil 1.7.	Ağağ malzemenin kurutulması ve ısıtım işlemi ile hücre çeper ana bileşenleri ve ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim 18
Şekil 1.8.	4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz 19
Şekil 1.9.	Selülozun moleküler yapısı 21
Şekil 1.10.	Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri 22
Şekil 1.11.	Ortalama pürüzlülük değeri (Ra) 28
Şekil 1.12.	En büyük pürüzlülük değeri (Ry) 28
Şekil 1.13.	On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri(Rz) 29
Şekil 1.14.	Gün ışığı, UVA ve UVB ışığının dalga boyu analizi 37
Şekil 1.15.	Ağağ malzeme yüzeyinde UV radyasyon ve rutubet etkisi ile meydana gelen bozunmanın şematik diyagramı 38
Şekil 1.16.	Borosilikat filtreli xenon-ark lambası ışığı ve güneş ışığının dalga boyu analizi 40
Şekil 1.17.	Gün ışığı, Xenotest Alpha ve Xenotest Beta ışığının dalga boyu analizi 41
Şekil 1.18.	<i>Trametes versicolor</i> 'da genç, çok renkli üreme organı 52
Şekil 1.19.	Kayın gövdesinde <i>Pleurotus ostreatus</i> 'un üreme organları 56
Şekil 2.1.	Atlas Xenotest Alpha+ Yaşlandırma Cihazı 60
Şekil 2.2.	Örnek boyutlarının ölçülmesinde kullanılan kumpas 63
Şekil 2.3.	İklimlendirme odası 64
Şekil 2.4.	Etüvde örneklerin kurutulması 65
Şekil 2.5.	Etüv 65
Şekil 2.6.	Desikatörde örneklerin soğutulması 65
Şekil 2.7.	Hassas terazide örneklerin tartılması 65
Şekil 2.8.	Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Test Cihazı 66
Şekil 2.9.	Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Test Cihazı 67

Şekil 2.10.	CIELab renk sistemine göre L*, a* ve b* değerlerinin belirlenmesi	68
Şekil 2.11.	KONICA MINOLTA Spectrophotometer CM-3600d cihazı ile renk değerlerinin belirlenmesi	69
Şekil 2.12.	Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi	70
Şekil 2.13.	Örneklerin klima odasında bekletilmesi	72
Şekil 2.14.	Petri kabında mantar kültürü	73
Şekil 2.15.	Deneme şişelerine besleme levhalarının yerleştirilmesi	75
Şekil 2.16.	Otoklavda sterilize işlemi	76
Şekil 2.17.	Odun örneklerinin şişere yerleştirilmesi	77
Şekil 2.18.	İnkübasyon Kabini	77
Şekil 2.19.	Mantar denemelerinde kullanılan kültür şişesi	78
Şekil 2.20.	Örneklerin desikatörde bekletilmesi	79
Şekil 2.21.	Örneklerin hassas terazide tartılması	79
Şekil 2.22.	Mantar denemelerinden sonra odun bloklarının görünüşü	80
Şekil 3.1.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	83
Şekil 3.2.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	84
Şekil 3.3.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	86
Şekil 3.4.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	88
Şekil 3.5.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	90
Şekil 3.6.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	92
Şekil 3.7.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	94
Şekil 3.8.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%)	96
Şekil 3.9.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu daralma miktarındaki değişim (%)	102
Şekil 3.10.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu daralma miktarındaki değişim (%)	105

Şekil 3.11.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu daralma miktarındaki değişim (%)	109
Şekil 3.12.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu daralma miktarındaki değişim (%)	112
Şekil 3.13.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu genişleme miktarındaki değişim (%)	115
Şekil 3.14.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu genişleme miktarındaki değişim (%)	118
Şekil 3.15.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu genişleme miktarındaki değişim (%)	121
Şekil 3.16.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu genişleme miktarındaki değişim (%)	124
Şekil 3.17.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu Ra değişimi (%)	129
Şekil 3.18.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu Ra değişimi (%)	131
Şekil 3.19.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu Ra değişimi (%)	132
Şekil 3.20.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu Ra değişimi (%)	133
Şekil 3.21.	Kestane odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%)	137
Şekil 3.22.	Akçaağaç odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%)	139
Şekil 3.23.	Iroko odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%)	142
Şekil 3.24.	Sapelli odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%)	144
Şekil 3.25.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	147
Şekil 3.26.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	151
Şekil 3.27.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	154
Şekil 3.28.	Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	156

Şekil 3.29.	144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	162
Şekil 3.30.	144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	166
Şekil 3.31.	144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	169
Şekil 3.32.	144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değişimi (%) ve $\Delta E^*$	173
Şekil 3.33.	Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının kestane odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları	178
Şekil 3.34.	Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Akçaağaç odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları	179
Şekil 3.35.	Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları	181
Şekil 3.36.	Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Sapelli odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları	182

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Kestane odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri	43
Çizelge 1.2. Kestane odununun kimyasal özellikleri	43
Çizelge 1.3. Akçaağaç odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri	45
Çizelge 1.4. Akçaağaç odununun kimyasal özellikleri	45
Çizelge 1.5. Iroko odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri	46
Çizelge 1.6. Iroko odununun kimyasal özellikleri	47
Çizelge 1.7. Sapelli odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri	48
Çizelge 1.8. Sapelli odununun kimyasal özellikleri	48
Çizelge 2.1. Isıl işlem varyasyonları	58
Çizelge 2.2. 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenmesi	71
Çizelge 3.1. Kestane odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler	81
Çizelge 3.2. Kestane odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	82
Çizelge 3.3. Kestane odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	82
Çizelge 3.4. Akçaağaç odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler	83
Çizelge 3.5. Akçaağaç odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	84
Çizelge 3.6. Iroko odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler	85
Çizelge 3.7. Iroko odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	85
Çizelge 3.8. Iroko odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	85
Çizelge 3.9. Sapelli odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler	87
Çizelge 3.10. Sapelli odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	87
Çizelge 3.11. Kestane odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler	89
Çizelge 3.12. Kestane odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	89
Çizelge 3.13. Kestane odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	90
Çizelge 3.14. Akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler	91
Çizelge 3.15. Akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	91

Çizelge 3.16. Akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	92
Çizelge 3.17. Iroko odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler	93
Çizelge 3.18. Iroko odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	93
Çizelge 3.19. Iroko odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	94
Çizelge 3.20. Sapelli odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler	95
Çizelge 3.21. Sapelli odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	95
Çizelge 3.22. Sapelli odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	96
Çizelge 3.23. Kestane odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler	99
Çizelge 3.24. Kestane odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları	100
Çizelge 3.25. Kestane odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	100
Çizelge 3.26. Akçaağaç odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler	102
Çizelge 3.27. Akçaağaç odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları	103
Çizelge 3.28. Akçaağaç odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	104
Çizelge 3.29. Iroko odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler	106
Çizelge 3.30. Iroko odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları	107
Çizelge 3.31. Iroko odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	107
Çizelge 3.32. Sapelli odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler	109
Çizelge 3.33. Sapelli odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları	110
Çizelge 3.34. Sapelli odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	111
Çizelge 3.35. Kestane odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler	113
Çizelge 3.36. Kestane odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları	114
Çizelge 3.37. Kestane odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	114
Çizelge 3.38. Akçaağaç odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler	116
Çizelge 3.39. Akçaağaç odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları	117
Çizelge 3.40. Akçaağaç odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	117



Çizelge 3.41. Iroko odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler	119
Çizelge 3.42. Iroko odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları	120
Çizelge 3.43. Iroko odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	120
Çizelge 3.44. Sapelli odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler	122
Çizelge 3.45. Sapelli odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları	123
Çizelge 3.46. Sapelli odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	124
Çizelge 3.47. Isıl işlem sonrası kestane odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler	128
Çizelge 3.48. Isıl işlem sonrası kestane odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları	128
Çizelge 3.49. Isıl işlem sonrası akçaağaç odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler	129
Çizelge 3.50. Isıl işlem sonrası akçaağaç odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları	130
Çizelge 3.51. Isıl işlem sonrası akçaağaç odunu Ra değerlerine ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri	130
Çizelge 3.52. Isıl işlem sonrası iroko odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler	131
Çizelge 3.53. Isıl işlem sonrası iroko odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları	132
Çizelge 3.54. Isıl işlem sonrası sapelli odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler	132
Çizelge 3.55. Isıl işlem sonrası sapelli odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları	133
Çizelge 3.56. Kestane odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	135
Çizelge 3.57. Kestane odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları	135
Çizelge 3.58. Kestane odunu ısıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	136
Çizelge 3.59. Akçaağaç odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	137
Çizelge 3.60. Akçaağaç odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları	138

Çizelge 3.61. Akçaağaç odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	138
Çizelge 3.62. Iroko odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	140
Çizelge 3.63. Iroko odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları	140
Çizelge 3.64. Iroko odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	141
Çizelge 3.65. Sapelli odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler	142
Çizelge 3.66. Sapelli odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları	143
Çizelge 3.67. Sapelli odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	143
Çizelge 3.68. Isıtıl işlem sonrası kestane odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler	145
Çizelge 3.69. Isıtıl işlem sonrası kestane odununun $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ değerlerine ilişkin BVA sonuçları	146
Çizelge 3.70. Kestane odununun ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ etkileşim değerleri	147
Çizelge 3.71. Isıtıl işlem sonrası akçaağaç odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler	148
Çizelge 3.72. Isıtıl işlem sonrası akçaağaç odununun $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ değerlerine ilişkin BVA sonuçları	149
Çizelge 3.73. Akçaağaç odununun ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ etkileşim değerleri	149
Çizelge 3.74. Isıtıl işlem sonrası iroko odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler	151
Çizelge 3.75. Isıtıl işlem sonrası iroko odununun $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ değerlerine ilişkin BVA sonuçları	152
Çizelge 3.76. Iroko odununun ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ etkileşim değerleri	153
Çizelge 3.77. Isıtıl işlem sonrası sapelli odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler	154
Çizelge 3.78. Isıtıl işlem sonrası sapelli odununun $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ değerlerine ilişkin BVA sonuçları	155

Çizelge 3.79. Sapelli odununun ısıtılma işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ etkileşim değerleri	156
Çizelge 3.80. 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin istatistikler	159
Çizelge 3.81. 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	160
Çizelge 3.82. 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	161
Çizelge 3.83. 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin istatistikler	163
Çizelge 3.84. 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	164
Çizelge 3.85. 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	165
Çizelge 3.86. 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin istatistikler	166
Çizelge 3.87. 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	167
Çizelge 3.88. 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	168
Çizelge 3.89. 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin istatistikler	170
Çizelge 3.90. 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ve $\Delta E^*$ renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları	171
Çizelge 3.91. 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri	172
Çizelge 3.92. 12 haftalık inkübasyon süreleri sonunda oluşan ağırlık kaybı ve standart sapma değerleri	177

## 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
$\Delta E^*$	Toplam renk farklılığı
$\Delta L^*$	Siyah-beyaz renk değişimi
$\Delta a^*$	Kırmızı-yeşil renk değişimi
$\Delta b^*$	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 <sub>2</sub>	Karbondioksit
CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyumklorür
VOC	Volatile organic compounds
N	Newton
kN	Kilonewton
cm	Santimetre
mm <sup>2</sup>	Milimetrekare

## ÖZET

### ISIL İŞLEMİN (THERMOWOOD YÖNTEMİ) BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ, ÇÜRÜKLÜK VE HAVA KOŞULLARINA KARŞI DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Gökhan ÇOLAK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Süleyman KORKUT

Eş Danışman: Doç. Dr. Coşkun KÖSE

Temmuz 2014, 209 sayfa

Isıl işlem ahşabın boyutsal stabilitesini arttırmak için uygulanan odun modifikasyon yöntemlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada ülkemizde kullanım alanlarına sahip 2 yerli (Kestane ve Akçaağaç), 2 egzotik (Iroko ve Sapelli) odununun beyaz ve esmer çürüklük ile hava koşullarına karşı dayanıklılık, renk farkı ile hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, genişleme, daralma, yüzey pürüzlülüğü, parlaklık gibi fiziksel özellikler üzerine farklı sıcaklık (190°C ve 212°C) ve sürelerde (1 saat ve 2 saat) uygulanan ısıl işlemin etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm ağaç türlerinde ısıl işlem uygulaması ile fiziksel özellikler iyileşmektedir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü ısıl işlem uygulanmış örneklerde daha düşük bulunmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Çürüklük, Fiziksel Özellikler, Hızlandırılmış Yaşlandırma, Isıl İşlem.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF HEAT TREATMENT (THERMOWOOD METHOD) ON PHYSICAL PROPERTIES, DECAY AND WEATHERING RESISTANCE OF SOME TREE SPECIES**

Gökhan ÇOLAK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman KORKUT

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Coşkun KÖSE

July 2014, 209 pages

Heat treatment of the wood used to improve the dimensional stability of wood is one of the methods of modification. In this study, two areas of use with a domestic (Chestnut and red-bud maple), 2 exotic (Iroko and Sapele) wood was white and brown rot resistance and weather conditions, the color difference and the air-dry density, oven-dry density, expansion, contraction, surface roughness, on the different physical properties such as brightness temperature (190°C and 212°C) and times (1 hour and 2 hours) investigated the effect of heat treatment applied. According to the results of physical properties, improvement was observed in dimensional stabilization of chestnut, maple, iroko and sapele through heat treatment. Average surface roughness was lower in both aged and heat-treated samples than control group samples.

**Keywords:** Accelerated Weathering, Decay, Physical properties, ThermoWood.

# **EXTENDED ABSTRACT**

## **THE EFFECT OF HEAT TREATMENT (THERMOWOOD METHOD) ON PHYSICAL PROPERTIES, DECAY AND WEATHERING RESISTANCE OF SOME TREE SPECIES**

Gökhan ÇOLAK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Science,

Department of Forest Industrial Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman KORKUT

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Coşkun KÖSE

July 2014, 209 pages

### **1. INTRODUCTION**

A number of studies have been conducted in order to prolong the usage of wooden materials and increase their endurance. With ThermoWood heat treatment, the aim of using resources more rationally is realized by means of making use of under-utilized woods as well as taking environmental consciousness into consideration. Heat treatment techniques for wooden and developments in the usage of heat-treated materials have played an important role in environmental issues in the last 25 years.

The main objectives of this paper are to;

- Investigate the differences occurring in physical 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 environmentally friendly materials and contribute to its prevalence
- Using patented method of heat treatment on actual sized material to ensure the originality of the study
- Perform interdisciplinary research.



## **2. MATERIAL AND METHODS**

In this study, following heat treatment and ageing, certain characteristics of chestnut, maple, iroko and sapele were tested and analyzed. The planks used in the study were obtained from Güven Orman Ürünleri A.Ş. and turned into lumber for sample preparation under TS 2470/1976. Lumber was 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 ISO 4892-2/1998. 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, 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.

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 properties of chestnut, maple, iroko and sapele 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 chestnut, maple, iroko and sapele through heat treatment. Average surface roughness was lower in heat-treated samples than control group samples. Heat treatment leads to darkening in color of chestnut, maple, iroko and sapele wood and reduction in glossiness, yet following the prolonged weathering process color got lighter, grayness was observed and there was an increase in radiance.

Physical variations taking place in chestnut, maple, iroko and sapele 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 an increase in loses along with rise in temperature.

Chestnut, maple, iroko and sapele wood heat-treated above 200 °C can be preferred for situations putting dimensional stability forefront.

While heat-treated chestnut, maple, iroko and sapele are appropriate for outdoor usage, in order for existing color to stay stable for a long period of time complementary measures need to be taken.

# 1. GİRİŞ

Dünyanın her yerinde enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmak için sürdürülebilir inşaat materyallerine olan talep artmaktadır. Ahşap, yapı endüstrisi çalışmalarında her yerde bulunabilen güvenilir bir malzemedir ve mobilya, bina, yol çalışmaları, su sağlama işleri vb. çok geniş bir uygulama alanında kullanılır. Ağaç türlerindeki büyük çeşitlilik spesifik amaçlar için gerekli özellikleri taşıyan bir türün daima bulunabileceğinin kanıtıdır. Ahşap ürünlerinin ekonomik etkisi bu sebeple önemlidir. Ancak insan nüfusundaki artma yapı endüstrisi ve diğer amaçlar için yüksek kaliteli keresteye olan talep nedeniyle ormanlar üzerinde artan bir baskıya neden olmaktadır. Bundan başka son 10 yılda özellikle alt tropikal (dönencealtı, tropikal iklimden biraz daha serin olan iklim kuşağı) ormanlarda büyük ölçekli orman tahribatı gözlemlenmekte ve bu da sera gazı etkisi oluşturmakta, verimli toprakların erozyonu ve biyolojik çeşitlilikte azalmaya neden olmaktadır. Kullanılabilir mevcut ormanlarda dayanıklı kereste veya yüksek kaliteli üretim azalması aşikardır. Bu materyalin elde edilebilirliği, hükümsel kısıtlayıcı yönetmeliklerin artan uygulaması ile çok daha fazla azalacaktır. Bunun bir çözümü, dayanıklılığı daha az olan ağaç türünün yeterli rezervlerinin kullanımı olacaktır. Nihayetinde kerestenin daralma genişleme özelliklerini ve/veya dayanıklılığını iyileştirmek için teknoloji kullanımı kaçınılmazdır. Bu teknolojilerden en önemlileri; pestisidler ile emprenye etme, yoğunlaştırma ve/veya reçine emprenyesi, hücre çeperi bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve ısıl işlemdir (Korkut ve Kocaeffe 2009).

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150<sup>0</sup>C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Son 20 yılda çeşitli Avrupa 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 ısıl işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, yaş veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtma ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem şartlarına ve ısıl işlem kazanı ve fırını

gibi ısıtım işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıtım işlemine tabi tutulan ahşap, özellikle dış mekânlarda çit malzemesi, bahçe ve park mobilyası, teras ve veranda yapımında, pencere ve kapı imalatı, sauna, iç kaplama paneli, oyun malzemesi, dış cephe kaplaması, taban ve tavan döşemesi, parke vb. olarak kullanılmaktadır. Ayrıca piyasada değeri düşük olan ağaç türlerinin yüksek sıcaklık uygulamasına tabi tutulmasıyla, bu malzemelerde özellikle renk bakımından egzotik ağaç türleriyle sağlanan renk çeşitliliğinin elde edilmesi sonucu, ısıtım işlem görmüş ahşabın başta Avrupa olmak üzere tüm dünyada mutfak kabinlerinin imalatında gittikçe artan bir oranda kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulaması tekniğinin yongalevha ve liflevha üretiminde de kullanılması ve levhanın %80'e varan bir boyut stabilitesi kazanması ve direnç özelliklerinin iyileşmesi bu tekniğin kullanılması ve geliştirilmesi için bir başka nedeni oluşturmaktadır.

Isıtım işlem ahşabı biyolojik (mantar ve böcek saldırıları) bozunmaya karşı korumada alternatif bir potansiyel metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca parke ve döşeme malzemesi üretiminde sertlik ve parlak renge sahip olması tercih nedeni olarak kabul edilmektedir. Mevsimsel iklim değişimlerine maruz kalan yerlerde kullanılan ısıtım işlem görmüş ahşap döşemede iklime bağlı boyut değişimleri söz konusu olmamaktadır. Isıtım işlemine tabi tutulan ahşabın güzel ve hoş bir renge sahip olması bir başka deyişle egzotik görünüşü tropik ormanlardan elde edilen ağaç türlerinin kullanıldığı yerlerde değerlendirilmesine olanak sağlar.

Isıtım işlem teknolojileri hızlı büyüyen ve dayanıklılığı düşük iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin kalitesini yükseltmek için ekonomik olarak cazip bir seçenek sunar. Isıtım işlemine tabi tutulan ahşap, kazandığı üstün özellikler sayesinde pazarda yeni kullanım yerleri bulmakta bu da malzemenin geleceğini umut verici olarak göstermektedir. Piyasa bu ürünün yerinin kuvvetlendirilmesi ve pazar payının artırılması için ülkemizde doğal olarak yetişen tüm ağaçların yüksek sıcaklık uygulaması sonucu kazandığı özelliklerinin belirlenerek kullanım yerlerine göre standartlarının oluşturulması ve ayrıca yüksek sıcaklık uygulaması tekniğinin modifiye edilmesi gerekmektedir.

Isıl işlem uygulamasının dünyadaki tüm ağaç türlerine başarılı bir şekilde uygulanabileceği düşünülmektedir. Isıl işlem uygulaması tekniği endüstride yaygın olarak kullanılan iğne yapraklı ağaç türlerine uygulandığında bu ağaç türlerinin özellikleri yapraklı ağaç türlerinin özelliklerine hemen hemen denk olmaktadır. Bu durum, yapraklı ağaç türlerinin kullanım yerlerinde değerlendirilemeyen iğne yapraklı ağaçlar için yeni kullanım alanları oluşturmaktadır ki iğne yapraklı ağaçlara göre pahalı ve az bulunur olan yapraklı ağaç türlerini elde etmede zorluk çeken ülke ve işletmeler için yeni bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Isıl işlem uygulanmış malzemelerin bu güne kadar birçok özelliği araştırılmasına rağmen farklı disiplinlerin bir arada çalışarak ortak yorumlar yaptığı çalışmalar çok az bulunmaktadır. Bu sebeple ısı işlem uygulanmış malzemenin fiziksel özellikleri, çürüklük ve hava koşullarına karşı dayanıklılığının tespit edilmesi ve yorumlanması bilimsel camiada mevcut olan önemli bir boşluğu dolduracaktır.

Bu çalışmada; ülkemizde kullanım alanlarına sahip 2 yerli (kestane ve akçaağaç), 2 egzotik (sapelli ve iroko) odununun beyaz ve esmer çürüklük özelliği, yaşlandırma, renk farkı ile hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, genişleme gibi fiziksel özellikleri üzerine farklı sıcaklık (190<sup>0</sup>C ve 212<sup>0</sup>C) ve sürelerde (1 saat ve 2 saat) uygulanan ısı işlemi etkisi incelenmiştir. Farklı disiplinler ile ortak çalışmaya katkı sağlayacak olan bu çalışma konunun farklı disiplinler tarafından daha detaylı yorumlanmasına da olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amaçları,

- Isıl işlem uygulanmış kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunlarının, fiziksel özellikleri, çürüklük ve hava koşullarına karşı dayanıklılığını tespit etmek
- Isıl işlem görmüş kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunlarının güçlü yönlerini ve pazarda oluşturabileceği fırsatları ortaya koymak
- Sürdürülebilir materyal olarak ısı işlem uygulanmış ağaç malzemelerin kullanım alanlarını arttırmak
- Patenti alınmış ısı işlem metodunu kullanarak çalışmanın orijinalliğini sağlamak
- Disiplinler arası çalışmayı ortaya koymak.

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, odunun 100-250°C'ler arasında normal atmosfer, azot gazı (N), nitrojen (N<sub>2</sub>), veya herhangi bir inert (kimyasal olarak reaktif olmayan) gaz (elementer cetvelin 8A grubu elementleri) ortamında belli bir süre bekletilmesi sonucu hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişimler ile sonuçlanan fiziksel bir işlemdir (Korkut 2012).

Ahşabın dayanıklılığını artırmak için uygulanan ısıl işlem yüzyıllardan beri bilinmektedir. Öyle ki Vikingler ısıl işlemi çit malzemesi gibi dış yapılarda 1000 yıl kadar önce kullanmışlardır. Odunun ısıl işlemiyle ilgili literatürde birçok metot rapor edilmiş olup; ısıl işlemle ilgili ilk makaleler 1920'lerdedir. Odunun ısıl işleme tabi tutulması konusunda ilk bilimsel çalışmalar 1930 yılında Alman bilim adamları Stamm ve Hansen tarafından, 1940 yılında A.B.D.'li bilim adamı White tarafından yapılmıştır. 1950'lerde Germans Bavendam, Runkel ve Buro bu konuda çalışmalara devam etmişlerdir. 1960'larda Kollman ve Schneider, 1970'lerde Rusche ve Burmester yine bu konuda çalışmışlardır. 1990'larda bu konuda Hollanda, Finlandiya ve Fransız bilim adamları oldukça fazla çalışma yapmışlardır. Isıl işlem görmüş odunun koruyucu

etkileri yüzyıllardır bilinmesine rağmen konu, bir araştırma olgusu olarak bilim adamları tarafından son 20 yılda geniş bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır. Günümüzde en fazla kullanılan ısıtım işlem metotları Thermowood (Finlandiya), platowood (Hollanda), Retification ve Les Bois Perdure (Fransa) ve oil-heat-treatment wood (Almanya)'dır (Rapp 2001; Korkut ve Bakangil 2007).

**Ahşabın Isıl İşleme Tabi Tutulmasının Amaçları;** denge rutubet içeriğini düşürmek, daralma ve genişleme özelliklerinde iyileşme sağlamak, mantar ve böcek saldırılarına karşı biyolojik dayanıklılık sağlamak, termal izolasyon kabiliyetini arttırmak, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma sağlamak, ekoratif renk çeşitliliği elde etmek, renk homojenliği sağlamak, kullanım süresinde uzama sağlamak, düşük kaliteli ağaç türlerine pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmak ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemek ve boyama, vernikleme gibi üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmektir (Korkut ve Kocaefe 2009).

**Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemenin Kullanım Alanları;** bina dış cephe kaplaması, iç mekan kaplamaları, parke ve döşeme tahtaları, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanları, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekan mobilyaları, müzik aletleri yapımı, yapı endüstrisi, havuz kenarı, teras döşemesi, gölgelik ve güneşlik panelleri, pergola, perapet (korkuluk), tavan ve çatı altı kaplama ve banyo ve mutfak mobilyaları (Korkut ve Kocaefe 2009).

### **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 ısıtım ile sıkıştırılarak stabilize edilen odun)'tır. 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; Korkut ve Kocaefe 2009).

Avrupa'da çeşitli araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısıtım aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıtım 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 ısıtma kazanı ve fırını gibi ısıtma işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

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

#### *1.1.2.1. ThermoWood Metodu*

Finlandiya’da Teknik Araştırma Merkezi (The Technical Research Centre of Finland=Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT)) tarafından geliştirilmiş bir metod olup Finlandiya ThermoWood Derneği üyeleri tarafından lisanslı olarak kullanılmaktadır (Anonim 2014; Korkut ve Kocaefe 2009).

ThermoWood yönteminde taze veya hava kurusu rutubete sahip ağaç malzemelere ısıtma işlem uygulaması 3 safhada gerçekleştirilir;

- *Fırın sıcaklığının artırılması ve yüksek sıcaklıkta kuruma safhası:* 1. Safhada ısı ve su buharı kullanılarak fırın sıcaklığı hızlı bir şekilde 100°C’ye çıkarılır. Sonra, ısı durmadan 130°C’ye yükseltilir, bu süre içerisinde ağaç kurutulur ve nem sıfıra indirilir. Kurutma safhasının süresi odun türü, kereste kalınlığı ve odunun rutubet içeriğine bağlıdır. Hammadde taze veya kurutulmuş odun olabilir. Başarılı bir kurutma iç çatlaklardan kaçınmak için önemlidir. Odun yüksek sıcaklıklarda elastik özellik kazanması sonucu geleneksel fırında kurutma yöntemine nazaran daha iyi deformasyon mukavemeti gösterir (Anonim 2014).

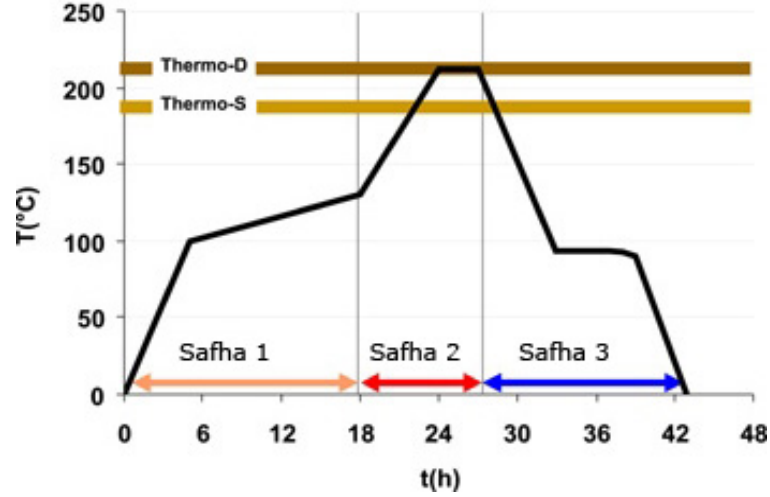
Bu safha yaklaşık olarak 14-30 saat arasında değişmektedir.





**Şekil 1.1.** ThermoWood yöntemi fırının doldurulması (Çolak 2014).

- *Isıl İşlem safhası:* Isıl işlem uygulaması işlem düzeyine bağlı olarak kapalı bir odada sıcaklığın 190°C (Thermo S) ve 212°C (Thermo D)'ye artırılması ile uygulanır (ThermoWood El Kitabı). Hedeflenen sıcaklığa ulaşıldığında sıcaklık, ısıl işlem uygulama amacına bağlı olarak 1-3 saatlik bir süre sabit tutulur. Isıl işlem safhası yüksek sıcaklıkta kurutma safhasından sonra derhal başlatılır. Isıl işlem boyunca odunda vuku bulan kimyasal değişmelerin etkilerini ve odunun yanmasını önlemek amacıyla koruyucu gaz kullanılır (Anonim 2014).



Şekil 1.2. ThermoWood ısıl işlem grafiği (Anonim 2014).

- *Soğutma ve kondisyonlama safhası:* Isıl işlemden sonra odunu kontrollü olarak soğutmak için kondisyonlama (denkleştirme) periyodu uygulanır. Çatlaklara sebep olan odun ve dış hava arasındaki yüksek sıcaklık farklılıkları bu safhada minimize edilir. İlaveten odunun rutubet içeriğini son kullanım yeri için gerekli olan rutubet düzeyine getirmek için tekrar nemlendirme işlemi gerçekleştirilir. Odunun nihai nem seviyesi onun çalışma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin kuru odunun işlenmesi zordur. Son bölümde, su spreyi sistemi kullanılarak ahşabın ısısı 50°C-60°C'ye düşürülür ve ahşabın nemi % 4-6'ya ulaşıncaya kadar devam edilir. Soğutma ve kondisyonlama safhası ısıl işlem yapılan ağaç malzemenin kalınlık ve genişliğine bağlı olarak yaklaşık olarak 24 saat ile 30 saat arasında değişmektedir (Anonim 2014).

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

#### 1.1.2.2. Plato Wood Metodu

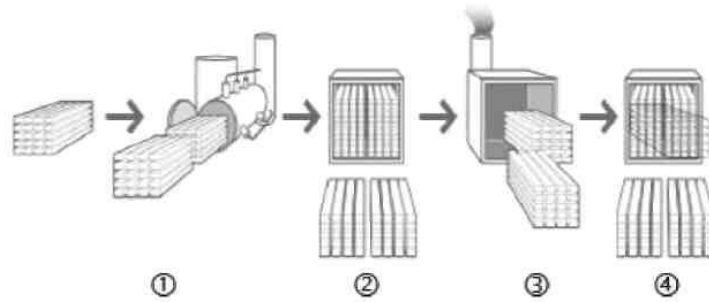
Ruyter (1989) tarafından patenti alınan Plato Wood metodu taze haldeki ağaç malzeme için beş, hava kurusu haldeki ağaç malzeme için dört basamakta uygulanır. Hava kurusu ağaç malzeme kullanıldığında 1. basamakta hidrotermoliz işlemi uygulanır. Hidrotermoliz safhasında ağaç malzeme sulu ortamda ve kuvvetli 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 ısıtma işlemi uygulanacaksa hidrotermoliz işleminden önce klasik kurutma yöntemi ile ön kurutma işlemi gerçekleştirilir (Rapp 2001; Korkut ve Bakangil 2007).

Plato Wood metodu Hollanda'da geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. 2000 yılında 50.000 m<sup>3</sup>'lük ısıtma işlemi fırını yapılmıştır. Platowood ısıtma işlemi yönteminde 1 m<sup>3</sup>'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; Korkut ve Bakangil 2007).

Yıllık 75.000 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> için işletme maliyetleri 20 Euro olup su, enerji ve atık su arıtma giderlerini içermektedir (Rapp 2001, Güler 2010).

Plato Wood yönteminin işlem safhaları Şekil 1.3'de verilmiştir.



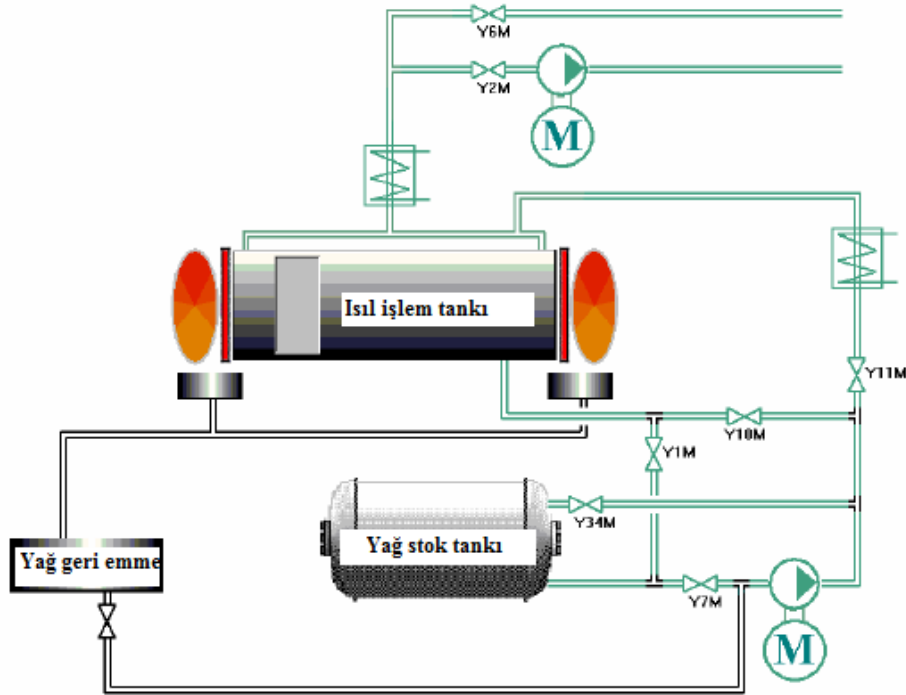
1. Hydro-thermolysis (cooking) 4-5 saat
2. Kurutma 3-5 gün
3. Isıtma (Curing-baking) 14-16 saat
4. Denleştirme (Conditioning) 2-3 gün

**Şekil 1.3.** Plato Wood metodu işlem safhaları (Militz ve Tjeerdsma 2001; Güler 2010).

### 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 (Leithoff ve Peek, 1998; Korkut ve Bakangil 2007).

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 1.4'da verilmiştir.



Şekil 1.4. Oil heat treatment işlem tankı (Rapp ve Sailer 2000).



**Şekil 1.5.** Oil heat treatment işlem tankı (Rapp ve Sailer 2000).

Oil Heat Treatment metodunda malzeme kalitesine göre farklı sıcaklık uygulanmaktadır. Isıl işlemden maksimum dayanıklılık ve minimum yağ tüketimi isteniyorsa ısı işlem sıcaklığı 220°C, maksimum dayanıklılık ve maksimum direnç değerleri isteniyorsa 180-200°C olmalıdır. Isıtmada ham bitkisel yağ (Şalgam tohumu, keten tohumu ve ayçiçeği yağı) kullanılmaktadır (Leithoff ve Peek 1998; Korkut ve Bakangil 2007).

8.500m<sup>3</sup> kapasiteli bir fırın 450.000 €'ya mal olmaktadır. Fırınların amortisman payı 5.2 € m<sup>3</sup> olup 10 yıllık bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Ladin için işletme maliyeti 60-90 €m<sup>3</sup>'tür. Isıl işlem uygulanmamış ladin kerestesinin maliyeti 200 € m<sup>3</sup> olduğu kabul edilirse ısı işlem uygulanmış kerestenin maliyeti 265-295 €m<sup>3</sup> olmaktadır. Almanya'da Ağustos 2000 itibarıyla 2.900 m<sup>3</sup>'lük bir fırın var iken daha sonraki yıllarda kapasite 8500 m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır (Rapp 2001; Korkut ve Bakangil 2007).

#### *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 ısı işleme tabi tutulmaktadır. Isıl işlem sıcaklığı 210-240°C arasında uygulanmaktadır. Bu sıcaklıklarda ahşabın dayanıklılığı artmakta, fakat direnç özelliklerinde azalma meydana gelmektedir. İşletme faaliyetlerinde elektrik enerjisi kullanılmaktadır (Rapp 2001; Korkut ve Bakangil 2007).

Retification metodu işletme maliyeti 150-160 Euro/m<sup>3</sup> kadardır. Retification metodunda kapasitesi 3.500 m<sup>3</sup>/yıl olan 8m<sup>3</sup>/şarj kapasitesinde ısıtma işlemi için bir tesis için toplam yatırım maliyeti 750.000 Euro kadardır. Yatırım maliyetleri enerji, nitrojen, bakım, patent, atık tasfiyesi ve işçilik maliyetleri gibi kalemlerden oluşur (Rapp 2001, Güler 2010).

#### *1.1.2.5. Le Bois Perdure Metodu*

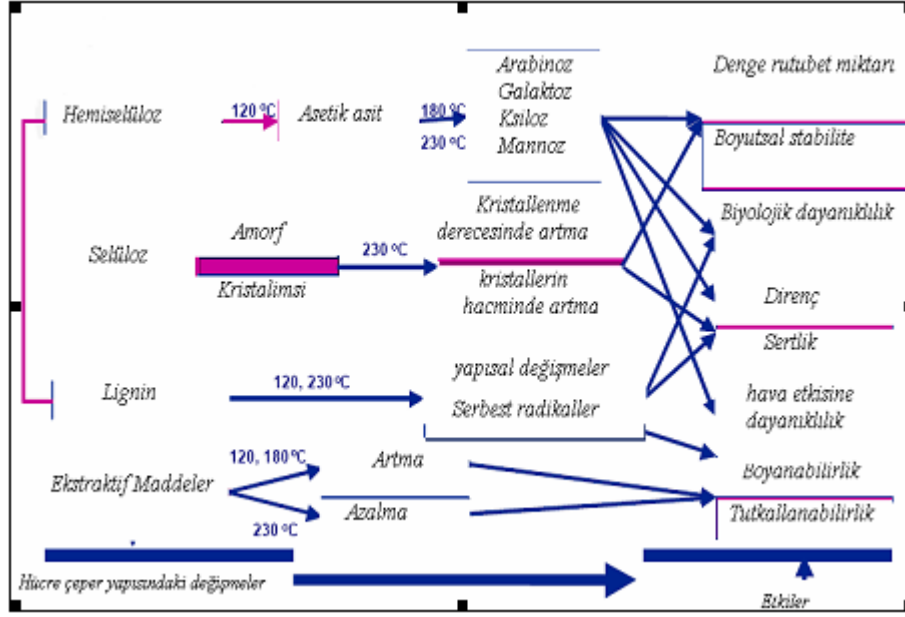
BCI-MBS Şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu metotta taze haldeki keresteler ısıtma işlemine tabi tutulabilmektedir. Öncelikli olarak ahşap kurutulmakta daha sonra doymuş su buharı atmosferi altında 230°C'de asıl ısıtma işlemi safhası gerçekleştirilmektedir (Vernois 2001; Korkut ve Bakangil 2007).

Isıtma işlemi sıcaklığı 230-240°C arasında olursa ahşabın dayanıklılığı artmakta, fakat direnç özellikleri azalmaktadır. Le Bois Perdure metodunun işletme maliyeti 100 Euro/m<sup>3</sup>'tür. Yıllık kapasitesi 3.500 m<sup>3</sup> olan 8m<sup>3</sup>/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**

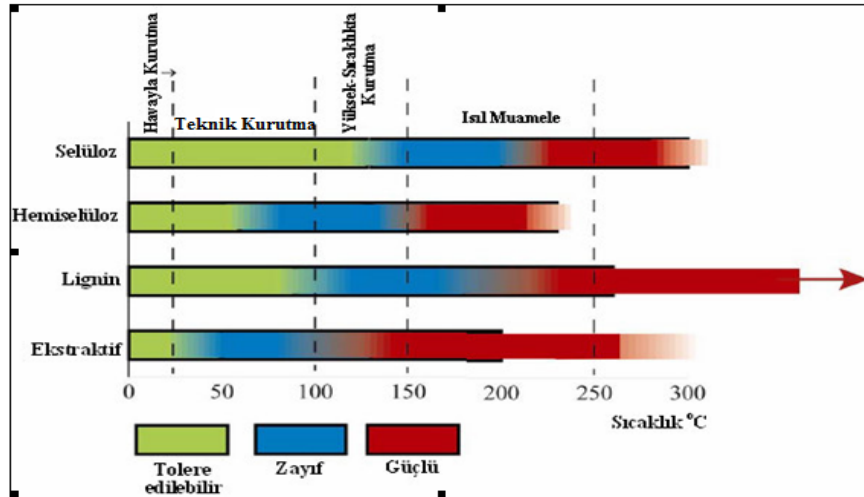
### **1.2.1. Kimyasal Özellikler**

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 1.6'de verilmiştir (Korkut ve Kocafe 2009).



Şekil 1.6. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması (VTT 2001; 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 1.7’de verilmiştir (Sundqvist 2004).



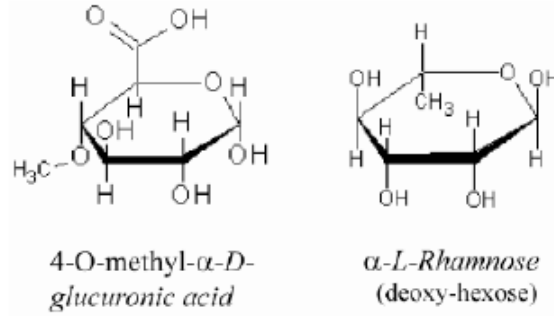
Şekil 1.7. Ağaç malzemenin kurutulması ve ısıl işlemi ile hücre çeper ana bileşenleri ve ekstraktif maddelerinde meydana gelen değişim (Sundqvist 2004).

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 1.8'da 4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz molekül yapısı verilmiştir (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).



**Şekil 1.8.** 4-O-metil-β-D-glukuronik asit ve α-L-ramnoz (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).

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



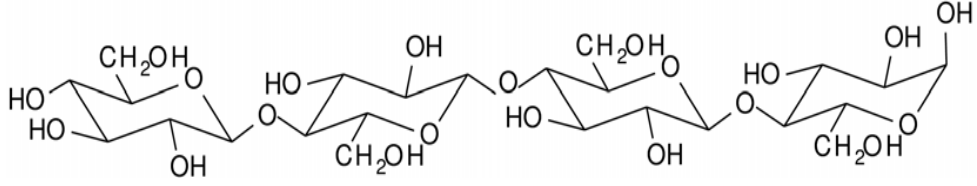
zincirdeki monomer üniteleri birbirleri ile bir glikoz yapı taşının C1 atomu onu izleyen glikoz molekülünün C4 atomuna oksijen köprüsü ile bağlanması şeklinde olan ve  $\beta$  (1→4) olarak ifade edilen glikozidik bağ (eter bağı -C-O-C-) ile bağlanır. Hemiselüloz şekerleri lignin polimerine ise kovalent 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 arasında doldurmaktan kaçınırlar. Bu düzenleri ile çözücüler ve suya karşı selüloza nazaran daha hassastır (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).

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 (Korkut ve Kocaefe 2009).

#### *1.2.1.2. Selüloz*

Selüloz odunun tam kuru ağırlığına oranla %40-45'ini oluşturmaktadır. Selüloz molekülü dallanmamış, rijit zincir yapılı ve  $\beta$  (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 (Sjöström, 1993; Korkut ve Kocaefe 2009). Selülozun moleküler yapısı yapısı Şekil 1.9'de verilmiştir (Johansson 2008).



**Şekil 1.9.** Selülozun moleküler yapısı (Johansson 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

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).

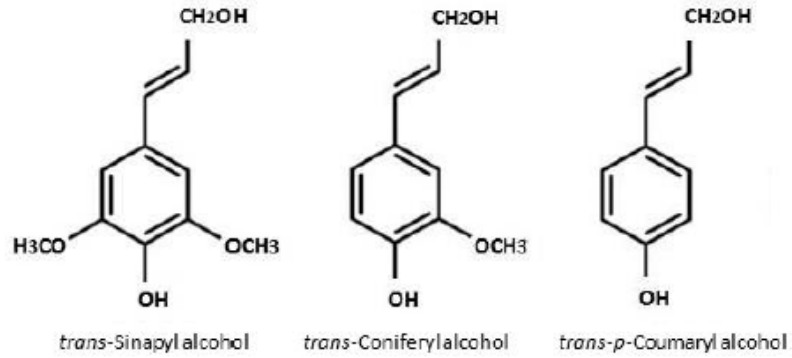
Selülozun kristallenme derecesi %60-70 arasında değişmektedir. Kristalimsi selüloz çok sınırlı bir su ve kimyasal çekime sahiptir. Bu nedenle kimyasal saldırılar öncelikli olarak amorf selülozda ve kristalimsi yüzeylerde meydana gelir. Selüloz orta lamelde yaklaşık %14, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında % 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 değerün üstünde oldukça az bir artma görülmektedir (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).

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; Korkut ve Kocaefe 2009).

### *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 (OCH<sub>3</sub>) 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, guayasil 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 1.10'de görülmektedir (Sjöström 1993-25, Borrega 2011, Alen 2000; Korkut ve Kocaefe 2009).



**Şekil 1.10.** Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri (Sjöström 1993, Borrega 2011, Alen 2000; Korkut ve Kocaefe 2009).

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 (Korkut ve Kocaefe 2009).

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 karbohidratlara 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 kütlelerinde azalma ve  $\beta$ -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-CH<sub>3</sub>) gruplarının çok daha muhtemel demetoksilasyon veya demetilasyonu (bir molekülde metil gruplarının (CH<sub>3</sub>) 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 (-CH<sub>2</sub>) köprülerinde artma olmaktadır. Formaldehid ve furfuraldehid bu metilen köprülerinin oluşumuna katkıda bulunur. Lignin O4'te ayrılır ve bazı lignin ünitelerinin C $\alpha$ 'da diğer lignin ünitelerinin fenolik çekirdeğin üzerinde serbest reaktif bölgeler ile şekillenmiş reaktif metilen gruplarının otokondenzasyonunu takiben meydana geldiği görülür (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Odun bileşenlerinin hidroksil (-OH) ve fenil grupları (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-) 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 değişmelere 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 kırarak 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; Korkut ve Kocaefe 2009).

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 CO<sub>2</sub> 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; Korkut ve Kocaefe 2009).

#### *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 malzemedan ayrılarak havaya karışırlar (Karakaş 2008).

## 1.2.2. Fiziksel Özellikler

### 1.2.2.1. Yoğunluk

Isıl işlem uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişime uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısı işlem süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısı işlem 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 kütle kayıplarının etkisini azaltır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Hill (2006)'e göre odunun ısı işlemi 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 ısı işlem direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009).

#### *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; Korkut ve Kocaefe 2009).

#### *1.2.2.3. Yüzey Pürüzlülüğü*

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan üretim yöntemleriyle veya diğer etkilerle ortaya çıkan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (TS 6956/1989). Yüzey pürüzlülükleri, kullanılan imalat metoduna göre gözle görülebilir veya elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik cihazlarla ölçülebilecek büyüklüklerde de olabilir (İlter ve diğ. 2002; Çakıcıer 2007).

Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) yüzey tekstürünü; 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 (Aydın 2004; Çakıcıer 2007).

Odun esaslı ürünlerin üretiminde yüzey tekstürünün; ürün sınıfını, kalitesini, üst yüzey uygulamaları için işleme kolaylığı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilediği; pürüzlülük derecesinin ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Funck ve diğ. 1992; Çakıcıer 2007).

Mobilyayı son ürün halinde korumak, güzelleştirmek ve ekonomik değerini artırmak amacıyla uygulanan üst yüzey işlemlerinin (macunlama, boyama, cilalama, vernikleme vb.) başarısı ağaç malzeme yüzeyinin düzgünlüğüne bağlıdır. Masif ağaç malzemenin yüzey düzgünlüğünde, öncelikle ağaç malzemenin cinsi, tekstürü ve kesiliş yönü ile alet

ve makinalar da işlenmesi sırasında uygulanan besleme hızı (itme hızı), kesme derinliği, bıçak sayısı (rendeleme) ve zımpara numarası (zımparalama) etkili olmaktadır (Richter ve diğ. 1995; Çakıcıer 2007).

Stumbo (1960)' ya göre yeterli ve homojen bir yüzey düzgünlüğü oluşturulamadığı takdirde, boyama ve vernikleme işlemlerinden sonra belirginleşen yüzey kusurları ürün kalitesini ve fiyatını olumsuz etkilemektedir (Çakıcıer 2007).

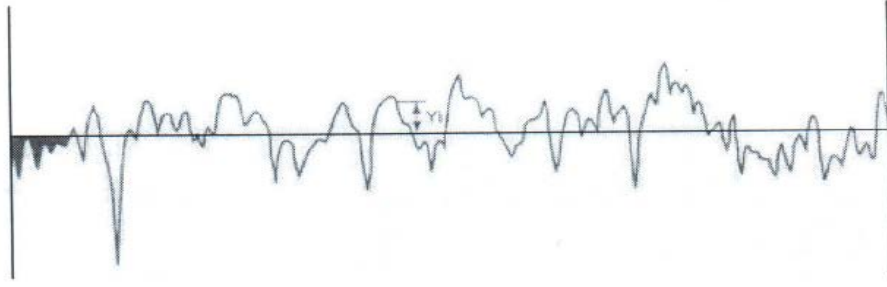
Steward (1975) yüzey pürüzlülüğünün artması ile birlikte ağaç malzemenin işlenmesinde kullanılan makinelerin güç tüketiminin de arttığını belirtmiştir (Çakıcıer 2007).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanıma sahip pürüzlülük ölçüm yöntemi, dokunmalı iğne taramalı yöntem (profilometri) dir. Bu teknikte hassas uçlu bir iğne ile malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu profili elde edilir. İğne taramalı yöntem ile pürüzlülük ölçümlerinde uygun olmayan tarama iğnesi kullanılması, tarayıcı iğnesinin aşırı basınçla kullanılması, sürtünme nedeniyle yatay direnç oluşması ve sıçrama nedeniyle dikey hareketlerin meydana gelebilmesi, ölçümde hatalı sonuçların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Çakıcıer 2007).

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=Ry (En büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmakta olduğunu bildirmiştir (TS 971/1988; TS 6956/1989; ISO 4287/1997; 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 1.11'de görülmektedir.





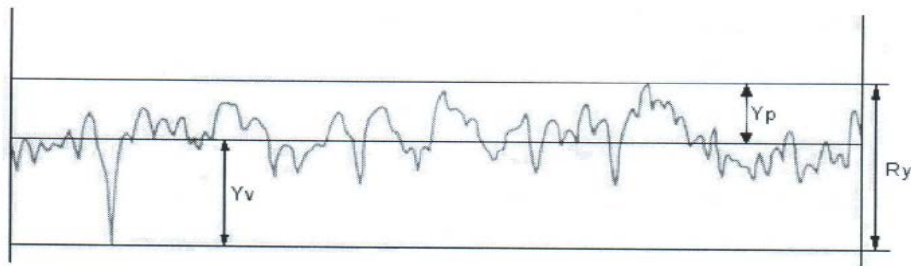
**Şekil 1.11.** Ortalama pürüzlülük değeri ( $R_a$ ) (Çakıcıer 2007).

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).

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (1.1)$$

$n$  = Münferit profil sapmalarının sayısı

*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 1.12'de görülmektedir (Çakıcıer 2007).



**Şekil 1.12.** En büyük pürüzlülük değeri ( $R_y$ ) (Çakıcıer 2007).

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

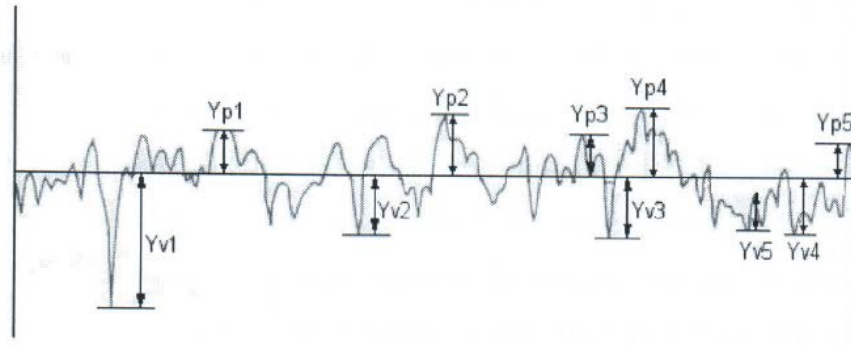
$$R_y = Y_p + Y_v \quad (1.2)$$

Formüldeki;

$R_y$  :En büyük pürüzlülük değeri,

$Y_p$  :En yüksek tepe,  
 $Y_v$  :En derin çukur,  
parametrelerini ifade etmektedir.

*On nokta pürüzlülüğü ortalama ( $R_z$ )*, pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır. Şekil 1.13'te Mitutoyo SJ-301 ile elde edilen en büyük yüzey pürüzlülüğü grafiği görülmektedir (Çakıcıer 2007).



**Şekil 1.13.** On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri ( $R_z$ ) (Çakıcıer 2007).

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi}}{5}$$

(1.3)

$y_{pi}$  = i'nci en yüksek profil tepe yüksekliği

$y_{vi}$  = i'nci en derin profil vadisi derinliği

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

#### 1.2.2.4. Renk Değişimi

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 değişme, kütle ve direnç kayıpları gibi farklı özelliklerdeki değişimler neticesinde ısı işlem uygulamasının kalitesini belirleme potansiyeline sahiptir (Johansson, 2005). Kahve renk ısı işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlar veya destekler. Isıl işlem uygulaması sonucu tipik odun dokusu hala görülebilir veya hatta belirgin hale gelebilir. Literatürde ısı işlem uygulaması süresince odundaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri tam olarak tanımlanamamıştır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda renk değişimlerinin ana sebepleri olarak hemiseluloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir. Isıl işlem uygulamasında sıcaklık ve süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır (Nuopponen 2005; Korkut ve Kocaefe 2009).

#### *1.2.2.5. 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 (Aytin 2013).

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; Aytin 2013).

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; Aytin 2013).

Isıl işlem, ağaç malzemedeki parlaklığının azalmasına sebep olur (Aksoy ve diğ. 2012; Aytin 2013).

### 1.2.3. Biyolojik Özellikler

#### 1.2.3.1. Çürüklük Mantarlarına Karşı Dayanıklılık Özellikleri

Birçok organizma odunu çürütebilir. Mantar çürüklüğü hızlı bir yapısal yıkıma sebep olduğu için mikrobiyolojik bozunmanın önemli bir türüdür. Mantar çürüklüğü çok kompleks bir oluşumdur ve mantar (esmer çürüklük, beyaz çürüklük, yumuşak çürüklük), ağaç türü, odun yapısı, mikro çevre ve etkileşimli rekabete bağlıdır. Odunun ana bileşenleri (selüloz, hemiselüloz, lignin) çürüme süresince, mantarların büyümesi için gerekli olan metabolizma ve enerji ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde depolimerize ve/veya modifiye olur. Mantarların büyümesi için diğer önemli gereksinimler ise; hücre lümeni yüzeylerindeki serbest su, odundaki mevcut atmosferik ve/veya kimyasal oksijen, elverişli pH oranı, elverişli sıcaklık derecesi, nitrojen bileşikleri, vitaminler ve gerekli elementler gibi kimyasal büyüme faktörleri, mantar çürütmelerini azaltan veya engelleyen zehirli ekstraktif maddelerin bulunmayışı ve metabolizma yoluyla sentez için enerji ve metabolit sağlayan sindirimi kolay reaktanttır. Isıl işlem mantarların büyümesi için gerekli olan bir veya birkaç gereksinimi etkilemesinden dolayı biyolojik bozunma organizmalarına karşı dayanıklılığı iyileştirmektedir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem, odunun su adsorpsiyonunu azaltmasına rağmen hücre lümeni yüzeyindeki serbest suyun mevcudiyetini önlemez. Rutubet içeriği lif doygunluğu noktasından sonra hala artar. Serbest su bundan dolayı hidroliz gibi kimyasal çürüme işleminde reaktant (tepki veren), enzimler ve çözüldürülmüş substrat molekülleri için difüzyon aracı ve mantar hüflerinin yaşam sistemleri için çözücü olarak görev yapar. Ancak ısıl işlem hücre çeperinin lif doygunluğu noktasında önemli bir azalmaya sebep olur. Isıl işlem uygulanmamış odunda genel olarak lif doygunluğu noktası %28-30 iken ısıl işlem uygulanmış odunun lif doygunluğu noktası %16-18'dir. Hücre çeperinin genişlemesindeki bu azalma mantar çürümesi için gerekli olan enzimatik olmayan sistemlerin penetrasyonunu sınırlar veya engeller. Bundan başka hücre çeperinde bulunan daha az su; karbonhidratların bozunma ürünlerinin hücre lümenindeki mantar hüflerine difüzyonuna izin vermektedir. Zorunlu aerobik mantar çeşitli metabolik reaksiyonlar (örneğin enerji salınımı, sentez) için serbest oksijene ihtiyaç duyar. Isıl işlem hücre lümeni ve hücre çeperinde bulunan serbest oksijen mevcudiyetini etkilemez (Hill 2006; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem orijininde O-metil tipi ester gruplarının bölünmesi ile ilgili olarak formik asit (HCOOH) ve asetik asidin (CH<sub>3</sub>COOH) üretimi nedeniyle odunun pH'sını (3.5-4.0) azaltır. Isıl işlem uygulanmamış odunun pH'sı genelde 5.0-5.5'dir. Önemli derecede yüksek hidrojen konsantrasyonu muhtemelen çürüme sürecini etkilemektedir. Örneğin odunda hücre dışı çürüme işlemi etkileyen metal çözünürlüğünü engeller ve/veya dış enzimleri destabilize eder. Isıl işlem uygulanmış odunun kullanım süresi boyunca pH'sındaki değişimler daha yüksek pH şeklinde sonuçlanır ve odun çürütme mantarlarına karşı hassasiyetini değiştirir. Çoğu odun çürütme mantarları 15-40°C sıcaklık aralığında en iyi büyüme yapar ancak ısıl işlemin mantarların sıcaklık gereksinimleri üzerine etkisi beklenmemektedir. Isıl işlem mantarların büyümesi için gerekli olan nitrojen, vitamin, minör metaller ve mineral elementler gibi kimyasal büyüme faktörlerini etkiler. Örneğin ısıl işlem çürümeye karşı dayanıklılığa katkı sağlayan tiyamin (B1 vitamini) gibi büyüme faktörlerinin bozunmasına ve yok olmasına yol açar. Ancak odunu tahrip eden mantar bu gibi büyüme faktörlerine yüzey küfleri formunda, hava yoluyla taşınan sporlar, organik toz, üstteki ağaçların tepelerinden süzülen yağmur suyu vb. odun dışı kaynaklardan hala ulaşabilir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem boyunca çeşitli fenolik bileşikler, phenantrene (C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>) ve acenaphtylene (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>)'nin polinükleer hidrokarbon türevleri ve poliaromatik bileşiklerin diğer türleri üretilir. Bu bileşikler oduna zehir özelliği katar, mantarların büyümesini yavaşlatır veya önler. Ancak Kamden ve ark. (1992) ekstraksiyon yoluyla bu gibi bileşiklerin uzaklaştırılmasından sonra mantar çürümesinin etkilenmediğini ve bundan dolayı çürüme direnci üzerine zehirli bileşiklerin katkısının sınırlı olduğunu ifade etmişlerdir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Yukarıda tanımlandığı gibi ısıl işlem odunun ana bileşenlerinin modifikasyonuna ve bu bileşenlerin kompozisyonunda değişimlere neden olmaktadır. Bu ısıl işlem uygulanmış odunun mantar saldırılarına karşı dayanımında önemli bir rol oynar. Mantarların büyümesi için gerekli metabolitleri ve enerjiyi sağlayan odunun ana bileşenlerindeki değişimler odun çürümesinin enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmasını etkilemektedir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Odunun bozulan ilk hücre çeperi bileşeni olan hemiselülozun bozunması muhtemelen daha kısa zincir uzunluğuna, çözünürlüğe ve selüloz mikrofibrilleri etrafında

korunmasız konuma sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odun önemli oranda düşük hemiselüloz içeriğine sahiptir ve kalan hemiselülozun büyük bir çoğunluğu modifiye (örneğin asetil (COCH<sub>3</sub>) yan zincirlerinin kopması) olmuştur. Daha az hemiselüloz bulunması durumunda özellikle çürümenin ilk safhasında mantarların büyümesi için gerekli metabolitler ve enerji elde edilebilir. Görülüyor ki hemiselüloz ve muhtemelen lignin selülozun bozunma mekanizması için önemlidir ve bundan dolayı az miktarda veya modifiye edilmiş hemiselüloz selüloz bozunmasını etkilemektedir. Diğer taraftan selüloza erişim selüloz mikrofibrillerinin etrafını saran hemiselülozun daha az bulunması nedeniyle daha kolay olmaktadır. Oksidasyon ve hidroliz selüloz bozunmasının dahil olduğu mekanizma olarak görünür ve bu mekanizmanın beyaz ve esmer çürüklük için oldukça benzer olduğu varsayılmaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra selülozdaki değişimler sınırlı olmasına rağmen mantar saldırısı boyunca çürüme işlemleri üzerine direkt veya indirekt etki yapabilir. Kristalimsi selüloz oranının artması, enzimatik olmayan oksitlenme etmenlerin ilk saldırısını azaltır veya sınırlar ve/veya odun hücre lümenindeki çözülebilir monosakkarit veya oligosakkaritlerin difüzyonunu önler. Isıl işlem uygulaması sonucunda lignin bozunmasının bir sonucu olarak stabil serbest radikaller oluşur. Bunların miktarı ile odunun çürüme dayanımı arasında bir korelasyon vardır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Esmer çürüklük mantarları ligninolitik enzimler üretmemesine rağmen ligninin propil yan zincirlerinin oksidasyonu ve oksidatif demetilasyon ile sonuçlanan enzimatik olmayan mekanizmaya sahiptir. Goodell (2003)'e göre lignin tipi ve miktarı esmer çürüklük mantarlarının çürütmesi üzerine çok az etkiye sahiptir. Bu ısıl işlem uygulaması boyunca lignindeki değişmelerin esmer çürüklük mantarlarına karşı çürüme dayanımı üzerine direkt etkiye sahip olmadığını gösterir. Beyaz çürüklük mantarları enzimatik olmayan ve enzimatik ligninolitik mekanizma nedeniyle lignin bozunması yapabilir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulanmış odunda *Coriolus versicolor* ve özellikle *Stereum hirsutum* karbonhidrat ve lignini bozabilir. Bunun sebepleri olarak; ligninin bozunması için ihtiyaç duyulan mikro çevreyi (ekstrasellüler kaygan tabaka) etkileyen dış şartlardaki değişim, çürümenin başlangıç safhasında enzimatik olmayan oksidasyon etmenlerinin

bloke edilmiş radikal reaksiyonları ve özellikle hemiselüloz ve ligninin modifikasyonu gösterilmektedir (Hill 2006; Korkut ve Kocaefe 2009).

Esmer çürüklük mantarı selüloz ve glukomannan iskeletini bölen C4 ve özellikle C1'de karbonhidratlara saldırmayı tercih eder. Mantarlar selüloz kristalimsi yapıyı açmak için kristalimsi yapının ana H-bağı bağlama yerlerinde hidroksimetil (CH<sub>2</sub>OH) gruplarının dış halkasını bölmeyi muhtemelen denerler. Amorf yapı selülozun su itici özelliğini azaltır ve enzimatik selüloz bozunmasını kolaylaştırır. Lignin bozunması demetoksilasyonu sınırlar ve aromatik halka açılımı az veya hiç gözlemlenmez. Hatta beyaz çürüklük mantarı *Coriolus versicolor*'un saldırısına uğradıktan sonra bile. Zeminle temasta mantar saldırısına maruz kalma ısıl işlem uygulanmış odunun karbonhidratların C1 ve C4'te bozunmasını ortaya çıkarır ve nihayetinde selüloz ve hemiselüloz depolimerize olur. Ayrıca karbonhidratların alkolik grup (-CH<sub>2</sub>OH) halkasının dışı üzerine bir saldırı söz konusu olur. Isıl işlem uygulanan odunda β-D-gliko-piranoz halkası açılırken ısıl işlem uygulanmamış odunda gözlenmemesi dikkat çekicidir. Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış odunlarda ligninin aromatik yapısının bazı halkalarında açılma ve demetoksilasyon görülmektedir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulanmış oduna yapılan mantar saldırıları ısıl işlem süresi ve özellikle işlem sıcaklığı gibi ısıl işlem şartları tarafından etkilenir. Sıcaklık ve süre artması hücre çeperindeki hemiselülozun daha fazla bozunması ve/veya modifikasyonuna sebep olmaktadır. Çünkü lignin polimer ağında artma oluşturan daha fazla çapraz bağlanma reaksiyonları (örneğin polikondenzasyon) bulunabilen kısa ömürlü kararsız molekülleri (örneğin furfural) vardır. Daha şiddetli işlem şartları muhtemelen kristalimsi selülozun nispi oranında artmaya neden olmaktadır. Esmer çürüklük yapan *Coniophora puteana* mantarının saldırısına maruz kalan ısıl işlem görmüş odunun çürümesi ısıl işlem süre ve sıcaklığının artması ile azalmaktadır. Şiddetli ısıl işlem şartları süresince odun bileşenlerindeki artan değişimler *Coniophora puteana* çürümesine karşı dayanımı artırıcı bir katkı yapmaktadır. Esmer çürüklük yapan *Poria placenta* mantarı saldırısı üzerine şiddetli işlem şartlarının minimum etkisi dikkate değerdir. *Poria placenta* tarafından selülozun bozunabilmesi için hemiselüloz gereklidir. Hemiselülozun bozunması ve/veya modifikasyonundaki artma ısıl işlem uygulanmış odunun *Poria placenta* tarafından çürütülmesini etkilemez. Çürüme mekanizmasında hemiselülozun

rolü önceden varsayılandan daha az olduğundan hemiselüloz miktarı *Poria placenta* çürütmesinin başlayabilmesi için hala yeterli seviyededir. Isıl işlem uygulanmış odun beyaz çürüklük mantarı *Coriolus versicolor* saldırısına maruz kaldığında benzer sonuçlar gözlemlenmektedir. Çok şiddetli işlem şartları ısıl işlem uygulanmış odunun *Coriolus versicolor* saldırısına maruz kalması sonucu çürütmesi üzerine ya hiç yada çok az etkiye sahiptir. Amorf selülozun bozunmasının ve/veya lignin ağının (çapraz bağlanma reaksiyonları) modifikasyonunun *Coriolus versicolor* saldırısını etkilediğine inanılmaktadır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem yaş odun yüzeylerinde çürüklük yapmayan odun mantarların büyümesini etkilemez. Küf ve mavi renk mantarları metabolizmaları için protein gibi odun ekstraktif maddeleri kullanır. Odunun ana bileşenlerindeki reaktant değişimler bu mantarların büyümesini etkilemez. Hemiselülozun bozunma ürünleri hüflerin büyümesini hızlandırabilir. Isıl işlem odun türleri ve biyolojik tehlikelere bağlı olarak belirli kullanım yerleri için uygundur. Örneğin ısıl işlem uygulanmış radiata çamı *Coniophora puteana* mantarının saldırısına dayanıklı iken *Poria placenta* mantarı saldırısına karşı dayanıklı değildir. Bu nedenle *Poria placenta* mantarı kullanım yerini sınırlamaktadır. Ancak belirli kullanım yerleri için yumuşak çürüklük mantarları, bakteriler, deniz organizmaları, böcekler ve termitler gibi diğer olası biyolojik tehlikeler de hesaba katılmalıdır. Bundan başka belirli kullanımlar için ısıl işlem uygulanmış odunun uygunluğunu tahmin etmek maksadıyla farklı yerlerde uygulama ve hizmet testleri yapmak kaçınılmazdır. Lignin karbonhidrat kompleksi içindeki çapraz bağlanmanın artması, odunun higroskopisitesini iyileştirir ve daha düşük bir lif doygunluğuna sahip olmasını sağlar. Bu belirli şartlar altında biyolojik bozunmalara karşı daha yüksek bir dayanıma katkı sağlamaktadır. Ayrıca odun bileşenlerinin polimerik yapısının modifikasyonunun daha düşük miktarda olmasına rağmen mantar çürütme dayanımına karşı katkısı olduğu düşünülmektedir (Hill 2006; Korkut ve Kocaefe 2009).

Odunda mantar çürütmesinin metabolik mekanizması farklı enzimatik ve enzimatik olmayan sistemlerin meydana gelmesini kapsayan kompleks bir yapıdır. Bunun yanında ısıl işlem uygulanmış odunun çürütme dayanımı; başta hemiselüloz olmak üzere odun reaktantlarındaki azalma, enzimatik mantar sistemleri tarafından bozunmayan ligninin modifikasyonu, zehirli bozunma ürünlerinin oluşumu, düşük denge rutubet miktarı ve



higroskopik odun özelliklerinin azalması ile etkilenir. Lignin modifikasyonu ve yeni eter zincirlerinin formasyonu çürüme dayanımının olası sebebi olarak gösterilebilir (Nuopponen 2005; Korkut ve Kocaefe 2009).

### **1.3. HAVA KOŞULLARINA KARŞI DAYANIKLILIK ÖZELLİKLERİ**

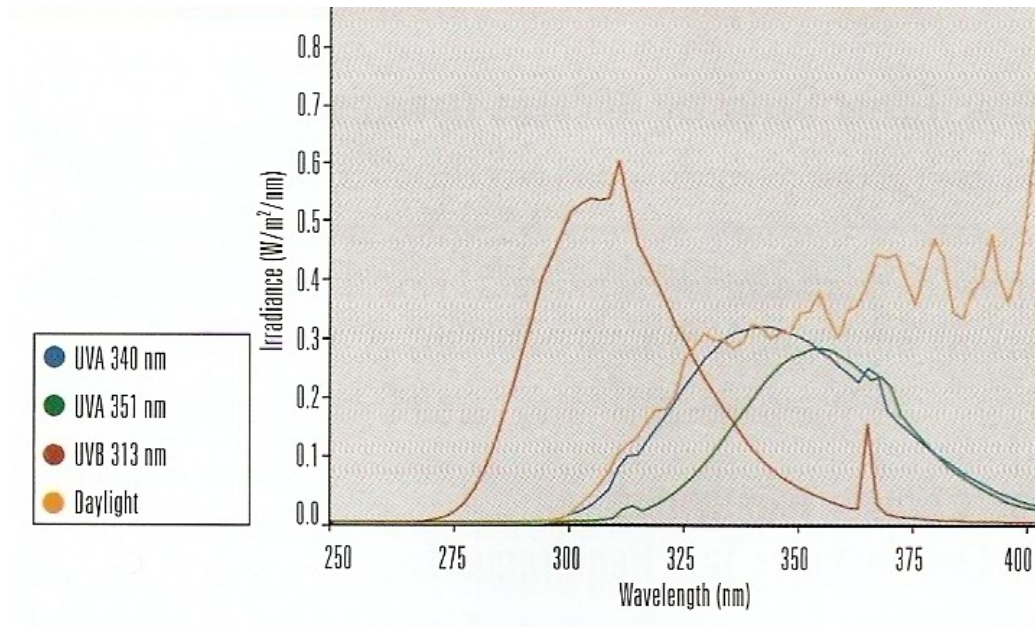
#### **1.3.1. Ağaç Malzeme Yaşlandırma Testleri**

Açık hava etkileri altında kalan ahşap, güneşin ultraviyole (UV) ışınları, rüzgar, yağmur, kar, don, havanın bağıl nemi, soğuk ve sıcak hava gibi atmosfer şartları altında zamanla degradasyona uğramaktadır. Hava koşullarına bağlı olarak odunda gerçekleşen etkiler, uzun ve kısa dalga boyundaki UV ışınların etkisi ile hücre çeper bileşenlerinin fotokimyasal degradasyonu, çözünür dekompozisyon ürünlerinin yıkanması, degradasyon ürünlerinin oksidasyonu ve odun yüzeyin ıslanması ve kurumasından kaynaklanan şişme ve çatlama nedeniyle yüzey elemanlarında gerçekleşen mekanik eskimedir. Yüzeydeki odun dokusunda kimyasal yapının bozunması için UV ışınları dalga boyunun 400 nm'nin altında olması gerekmekte, 400 nm'nin üzerinde ise kimyasal değişiklikler meydana gelmemektedir (Unger ve ark. 2001; Zabel & Morrell 1992; Black et al. 1979; Williams 1987; Browne 1970; Anderson 1991; Erdin 2009). 350 nm dalga boyundaki UV ışınları radyasyonuna maruz kalma süresi uzadığında, özellikle açık renkli ahşapta renk koyulaşması görülmekte, koyu renkli ahşapta ise renk önce ağarmakta, sonra kahverengine benzer bir renge dönerek, ahşabın yüzeyi degradasyona uğramaktadır. Rengi koyulaşan ya da solan ahşapta önce lignin serbest kaldığından fotodegradasyondan en büyük zararı lignin görmektedir (Hon ve ark. 1986; Temiz 2005; Erdin 2009).

UV ışınları çok derin olmayan yüzeysel etki yapmakta (0.05-0.5 mm), ancak şiddetli bir fotodegradasyona neden olmaktadır. Fotodegradasyonun derecesi, ışık enerjisinin gücü ile maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Açık hava etkilerinin lignin degradasyonundan başka hemiselülozon kaybına da neden olduğu bilinmekte, IR (infrared) spektroskopi ile kayıplar belirlenmektedir. UV ışınları etkisiyle değişikliğe uğramış selüloz mikrofibrilleri serbest kalan gevşek matrizen de ayrılırlar. Ahşabın yüzeyi gümüşümsü bir görünüş aldıktan sonra UV degradasyonu daha derine inmekle beraber, su sorpsiyonuyla daralma ve şişme sonucunda yüzey tabakaları yavaş yavaş

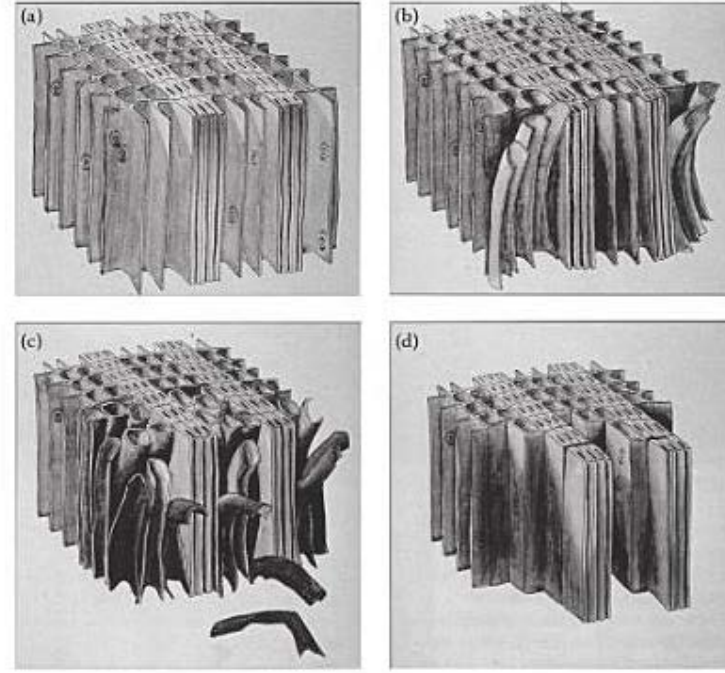
ayrılmakta ve yeni yüzeyler tekrar açık hava etkisine maruz kalmaktadır (Unger et al. 2001; Feist 1982, 1994; Stamm 1978; Erdin 2009).

Yaşlandırmanın ağaç malzeme üzerine etkisini belirlemek üzere çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler doğal dış ortam yaşlandırma testleri, hızlandırılmış dış ortam yaşlandırma testleri ve hızlandırılmış laboratuvar yaşlandırma testleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Ayrıca hızlandırılmış laboratuvar yaşlandırma testleri kendi içinde; (UV) Florasan lamba ile yaşlandırma, Xenon lambası ile hızlandırılmış yaşlandırma ve Termal (Isıl) işlemlerle hızlandırılmış yaşlandırma olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).



Şekil 1.14. Gün ışığı, UVA ve UVB ışığının dalga boyu analizi (Anonim 2014b).

Mc Donald ve diğ.(1996)'e göre ağaç malzemedeki UV ve rutubet etkisi sonucu meydana gelen deformasyon Şekil 1.15'te verilmiştir.



**Şekil 1.15.** 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; Aytin 2013).

Doğal dış ortam yaşlandırma testleri özel olarak hazırlanmış olan yerlerde yapılmakta olup dış faktörlerin etki derecesi doğal olarak belirlenmektedir. Kullanım yerlerindeki sıcaklık farkları, çiy, 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 dahilinde uygulanması güvenilir sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Aytin 2013).

Hızlandırılmış doğal yaşlandırma testleri ile yapay yaşlandırma testleri ağaç malzemedeki yaşlandırma etkisinin daha kısa sürede belirlenebilmesi için uygulanmaktadır (Aytin 2013).

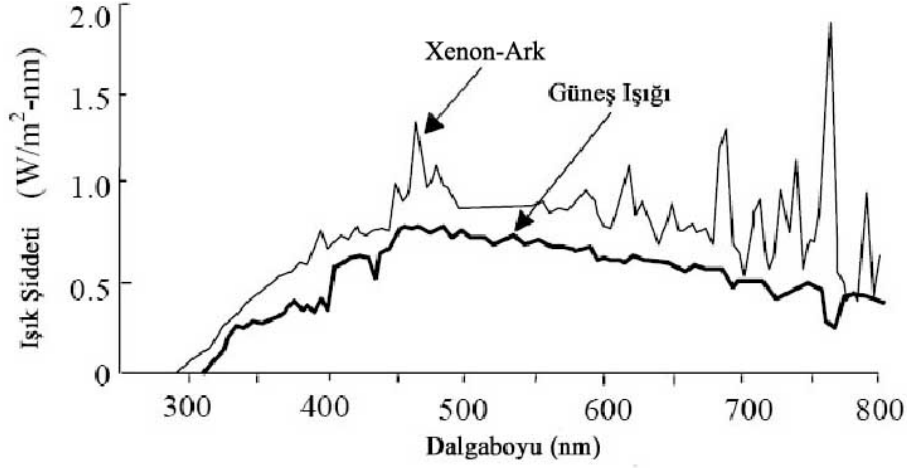
Deneysel çalışmalarda kullanılan örneklerin sıcaklıkları yükseltildiğinde; sıcaklık, oluşacak her çeşit kimyasal işlemi aynı derecede etkilemez. Aktivasyon enerjisi polimerlerin termal tahribatının ilk aşamasıdır. Sıcaklık yükseldiğinde termal tahribat boyunca oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları aynı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

### **1.3.2. Xenon Lambası ile Hızlandırılmış Yaşlandırma**

Güneş ışığı etkisinin xenon-ark lambalarıyla benzeştirilmeye çalışıldığı xenon test cihazlarıyla, UV’ye göre biraz daha uzun süren ancak gün ışığına en yakın yaşlanma etkisi olan ve daha güvenilir sonuçlar veren testler yapılabilmektedir. Güneş ışığının tahrip edici etkisinin “Karbon Kıvılcım Lambaları” kullanılarak yaratılabildiği Gün Işığı Weatherometreleri (Sunshine Weather-ometer: SWOM) de yaygın kullanılan bir diğer cihaz türünü oluşturmaktadır. SWOM testleriyle elde edilen sonuçların, yüzey işlemi katmanının doğal ortamdaki dayanım davranışlarıyla önemli benzerlikler gösterdiği bilinmektedir (Tunçgenç 2004; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Gugumus (1987)’de xenon-ark lambasını kullanarak yaptığı çalışmasında; (>295 nm)’den daha büyük bir filtre takılmış xenon-ark lambasının, doğal dış ortam

koşullarındaki yaşlandırmaya çok yakın bir simülasyon değerleri sağladığını bildirmiştir. Borosilikat dahili ve harici filtrelerin kullanılması durumunda; ışınım spektrumu Şekil 1.16'da görüldüğü gibi doğal ışık kaynağını andırır. Veriler, xenon-ark lambasının kullanıldığı yaşlandırmadaki bozunumun, UV-Florasen yaşlandırmadan, daha yüksek olduğunu göstermiştir (Suits ve Hsuan, 2003; Arnold ve diğ., 1991; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).



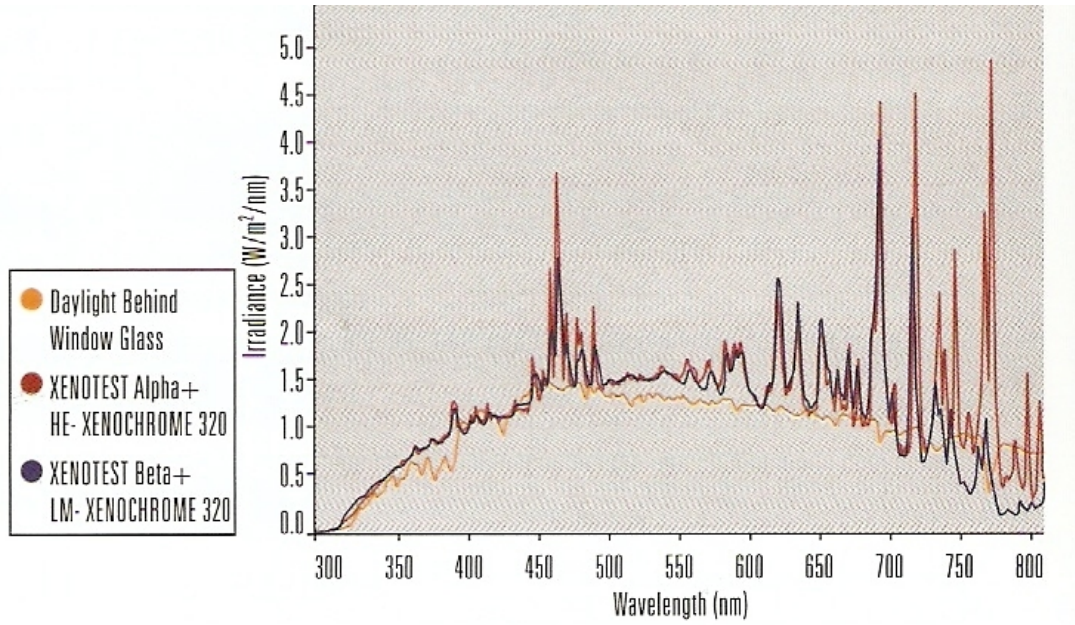
**Şekil 1.16.** Borosilikat filtrelili xenon-ark lambası ışığı ve güneş ışığının dalga boyu analizi (Suits ve Hsuan, 2003; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Xenon yaşlandırma etkisinin belirlenmesi (Weather-ometer) için; farklı yaşlandırma durumlarını laboratuvar ortamında taklit edebilen CI 4000 Hava Soğutmalı WOM cihazı, Güneş yayılımı ve küresel ışıma benzetimini; 6500 W'lık xenon-ark lambası ile;  $0,35 \pm 0,03 \text{ W/m}^2$  (340 nm)'de sağlanmaktadır (Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Xenon-ark lambası ışığının örnek yüzeylerindeki etkilerini belirlemek için yapılan deneyler; 102 dakikalık, ışıma yaşlandırması, 90° açıda, ışık radyasyon döngüsünde, siyah panel sıcaklığı (Black Panel)  $63 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ve %  $60 \pm 5$  nispi nemde ayarlanarak uygulandıktan sonra, 18 dakikalık damıtılmış su püskürtmesi  $50 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  'de ve %  $80 \pm 5$  nispi nemdeki kondisyonlama şartlarında ayarlanarak; tahribat süreci ortamı taklit edilmektedir (TS 8106-2/1998 ISO 4892-2/1998). Genellikle örnekler, cihazda ışılama şiddeti  $550 \text{ W/m}^2$  seçilerek ve borosilikat cam filtre kullanılarak işlem görmekte; yaşlandırma periyotlarında 24, 48 saat ve katları olacak şekilde uygulanmaktadır (Gulmine ve diğ. 2003; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Deneme örnekleri, ışın kaynağına 90°, 45° açıda ve 400 mm uzaklıkta konumlandırılmaktadır. Yaklaşık olarak dakikada bir tur hızda dönen çember üzerindeki örneklerin hepsinin aynı ışınımına maruz kalmaları için, her periyot arasında düzenli olarak numunelerin yerlerinin değiştirilmesine özen gösterilmelidir (Stark ve Matuana 2004; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).

Xenon-ark lambası, organik yüzey işleme sistemlerinde iç gerilim oluşturarak katman sertliğinin artmasına ve kırılma kırılma sebeplerinden dolayı, yaşlandırma cihazında 80 °C den daha yüksek sıcaklıkların oluşmamasına dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Çakıcıer 2007; Çakıcıer ve Sevim Korkut 2009).



**Şekil 1.17.** Gün ışığı, Xenotest Alpha ve Xenotest Beta ışığının dalga boyu analizi (Anonim 2014b).

## 1.4. ARAŞTIRMADA KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ

### 1.4.1. Kestane

*Ticari Adları;* Edelkastanie (F Alm.), Sweet chestnut (İng.), Chataignier (Fr.), Kestane (Tr.). *Yayılışı;* Avrupa, Türkiye, Kuzey Afrika. *Ağacın Genel Özellikleri;* Ağaç Boyu 20-30 m'dir. Kullanılabilir gövde uzunluğu 6-10 m. Gövde orta çapı 1.5 m. Gövde şekli silindriktir. *Makroskopik Yapı;* Diri odun çok dar (13 mm), kirli beyaz ile sarımsı renkte, öz odun taze halde grimsi sarı ile açık veya koyu kahverenginde giderek koyulaşır. Tekstür kaba, lifler düzgün ile spiral tipte, kaba iğne çizikli, yaşlı ağaçlarda halka çatlakları bulunabilir. Yıllık halka sınırları ve ilkbahar odunu traheleri çıplak gözle, yaz odunu traheleri ve öz ışınları lup altında görülür. *Mikroskopik Yapı;* *Traheler;* Halkalı traheli, ilkbahar odunu traheleri 2-6 sıralı, çoğunlukla oval, yaz odunu traheleri tek tek, gruplar halinde, ya da radyal veya diyagonal sıralı, sık sık çatal sıralar teşkil ederler. Perforasyon tablası basit, yaz odunu trahelerinde bazen merdivenimsi tipte görülür. İlkbahar odunu traheleri 150-250  $\mu$  (300  $\mu$ ), yaz odunu traheleri 30-40  $\mu$  çapta, mm<sup>2</sup> de ilkbahar odunu traheleri 4-8 adet, yaz odunu traheleri 9-15 adet, traheler çoğunlukla tüllerle dolu, oran %26.3. *Boyuna paranzimler;* az sayıda olup, özellikle lifler arasında apotraheal dağılık, nadiren trahelerin bitişiğinde paratraheal kümeli olarak bulunur. *Öz ışınları;* homojen, 5-30 hücre yüksekliğinde, genellikle 1 hücre genişliğinde, bazen yer yer 2 hücre genişliğinde, mm de 9-14 adet, oran %17.2. *Lifler;* Libriform lifleri, lif traheidleri ve vasisentrik traheidlerden oluşur. Uzunlukları 600-1570  $\mu$ , oran 56.5 (Bozkurt ve Erdin 1989).

Kestane ağacına ait fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler Çizelge 1.1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Kestane odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D <sub>0</sub>	0,59	gr /cm <sup>3</sup>
	D <sub>12</sub>	0,63	gr /cm <sup>3</sup>
Hacim yoğunluk değeri	Y	1,06	gr /cm <sup>3</sup>
Daralma miktarları	B <sub>t</sub>	6,4	%
	B <sub>r</sub>	4,3	%
	B <sub>v</sub>	11,3	%
Basınç direnci	σ <sub>B</sub>	49	N/mm <sup>2</sup>
Çekme direnci	σ <sub>ç</sub> //	132	N/mm <sup>2</sup>
Eğilme direnci	σ <sub>E</sub>	76	N/mm <sup>2</sup>
Elastikiyet modülü	E-Mod	8800	N/mm <sup>2</sup>
Makaslama direnci	σ <sub>M</sub>	8,0-9,5	N/mm <sup>2</sup>
Şok direnci	a	0,56	kN/cm
Brinell sertlik	( $\perp$ )	18	N/mm <sup>2</sup>
Brinell sertlik	(//)	38	N/mm <sup>2</sup>

Kestane ağacına ait kimyasal özellikler çizelge 1.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 1.2.** Kestane odununun kimyasal özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	%
Selüloz	42-52
Lignin	29-35
Pentozan	17-20
Çöz.Ekst. Mad Alkol-benzolde	4,7

*İşlenme özellikleri;* El aletleri ve makinelerle kolay işlenir. Hafif körleştirme etkisi vardır. Çivilenme, vidalanma, cilalanma ve yapıştırılması iyidir. Rutubetli hallerde metallerle temas ettiğinde korozyona neden olduğu gibi mavi-siyah renkler oluşabilmektedir. Dermatitise neden olabilir. *Kurutma;* Kurutulması güçtür. Kollaps ve iç çatlaklarına eğilimlidir. Tekrar buharlama ile bu kusurların kolayca giderilmesi mümkün değildir. Kullanım Yerinde stabilitesi iyidir. Kurutma programı T 5/5. *Dayanıklılık;* Diri odun böceklere karşı hassas, öz odun dayanıklıdır. *Emprenye edilebilme özelliği;* Öz odun son derece güç emprenye edilir. *Kullanış yerleri;* Mobilya yapımında, mutfak yağları, meyva suları ve ucuz şarapların fiçı tahtaları imalinde, fiçı çemberi, baston ve şemsiye saplarında, bahçe kapıları, çit malzemesi ve tornacılıkta kullanılır. Ülkemizde genç sürgünleri bambu taklidi olarak mobilya sanayiinde kullanılmaktadır. *Ticaret;* Yuvarlak halde, kereste halinde, direk ve sırk olarak satılır. *Benzer ve diğer türler;* Castanea dentata Borkh.: American chestnut, C. argenta Bl.: Saninten, C.javanica Bl: Saninten, Castanopsis indica A.DC.: Cà oi, C. tribuloides A.DC.: Cà oi (Bozkurt ve Erdin 1989).



#### 1.4.2. Akçağaç

*Ağacın genel özellikleri;* Ağaç boyu 20 m'dir. *Makroskopik yapı;* Özodunu ve diri odun farklılaşması vardır. Renkleri taksonlara göre değişir. Odunları genellikle sert ve ağırdır. Odunları kıymetli olup kullanım alanları oldukça fazladır. *Mikroskopik yapı; Traheler;* Yıllık halkalar belirgin odun dağınık trahelidir. Traheler çoğunlukla radyal grup (2-5 trahe) oluşturur. Küme şeklindeki gruplara (3-10 trahe) da oldukça sık rastlanır. Trahelerin enine kesitleri muntazamdır. Perforasyon tablası basittir. Kenarlı geçitler daire şeklinde ve almaçlıdır. Trahelerin iç çeperlerinde sık ve belirgin helikal kalınlaşmalar vardır. Trahe teğet çapı ilkbahar odununda 28-87 µ, yaz odununda 15-62 µ dur. Trahe hücre uzunluğu 235-539 µ dur. 1 mm<sup>2</sup> de trahe sayısı 21-50 adettir. Lif uzunluğu 471-1176 µ dur. Öz ışını yüksekliği 93-513 µ dur. Öz ışını genişliği 2-5 hücre/adettir. 1 mm de öz ışını sayısı 3-9 dur. *Boyuna parانشimler;* Apotraheal-kesik zincir şeklindedir. *Öz ışınları;* Öz ışınları üniseri ve mültiseri homoselüler, homojen TİP I dir. Mültiseri öz ışınlarının genişliği 2-5 hücre arasında değişir. *Lifler;* Temel lif dokusu libriform lifleridir. Yıllık halka sınırında lifler, yassı ve kalın çeperlidir. Ayrıca yıllık halka içinde, ince çeperli canlı lifler adacık oluşturur. Canlı lifler bol miktarda nişasta içerir. Yaz odunu zonunda trahe gruplarının çevresinde vasküler (vasisentrik-vasküler) traheidler vardır. Vasküler traheidlerin spiral kalınlaşmaları çok belirgin değildir. *Salgı dokusu;* Öz ışını parانشim hücreleri uzun vertikal kalsiyum oksalat kristal zincirleri oluşturur (maksimum 30 adet). Kristaller odacıklı olup çift boyutludur. Öz ışını hücreleri ve canlı lifler bol miktarda nişasta içerir. Akçağaç odunları, boyuna parانشim hücrelerinde uzun kristal zincirlerinin var olması ile bilinirler (Merev 2003).

**Çizelge 1.3.** Akçaağaç odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 2013).

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D <sub>0</sub>	0,59	gr /cm <sup>3</sup>
	D <sub>12</sub>	0,63	gr /cm <sup>3</sup>
Hacim yoğunluk değeri	Y	0,83-1,04	gr /cm <sup>3</sup>
Daralma miktarları	B <sub>t</sub>	8	%
	B <sub>r</sub>	3	%
	B <sub>v</sub>	11,5	%
Basınç direnci	σ <sub>B</sub>	48	N/mm <sup>2</sup>
Çekme direnci	σ <sub>ç //</sub>	80	N/mm <sup>2</sup>
Eğilme direnci	σ <sub>E</sub>	93	N/mm <sup>2</sup>
Elastikiyet modülü	E-Mod	9200	N/mm <sup>2</sup>
Makaslama direnci	σ <sub>M</sub>	9.0-15.0	N/mm <sup>2</sup>
Şok direnci	a	0,64	kN/cm
Brinell sertlik	(⊥)	27	N/mm <sup>2</sup>
Brinell sertlik	(//)	62	N/mm <sup>2</sup>

Akçaağaç ağacına ait kimyasal özellikler çizelge 1.4.'te verilmiştir.

**Çizelge 1.4.** Akçaağaç odununun kimyasal özellikleri (Bozkurt ve Erdin 2013).

Özellik	%
Selüloz	38
Lignin	25
Pentozan	20
Çöz.Ekst. Mad. Alk-benzol	2,5

*İşlenme özellikleri;* el aletleri ve makinalar ile kolay işlenir ve düzgün yüzeyler elde edilebilir. Aletler üzerinde orta derecede körleştirme etkisi vardır. Kesilebilir, soyulabilir. Düzensiz ve dalgalı lifli malzemede kesiş açısı 15° olarak alınmalıdır. Biçmede kesiş hızı 28-33 m/s olması tavsiye edilmektedir. Çok iyi çivi ve vida tutar, yapıştırılabilir, renk verilebilir, iyi cilalanır. Dermatitise neden olabilir. *Kurutma;* açık havada kurutmada renklenme meydana gelebilir. Hızlı yüzeysel kurutma önemlidir. Kerestenin dikine istifi tavsiye edilmektedir. Fırında kurutmada ise düşük sıcaklıklar kullanılmalıdır. Hızlı kurutmada beyaz renk korunmakta, yavaş kurutmada pembemsi kahverengi bir renk oluşur. Buharlama yapmaktan kaçınılmalıdır, çünkü lekeler oluşabilir. Kullanım yerinde stabilitesi orta derecededir. Kurutma programı T 2-6/4-5. *Dayanıklılık;* çürüklük yapan mantarlara karşı az dayanıklıdır. Diri odun böcekleri karşı hassastır. Özellikle *Anobium* ve *Ptilinus pectinicornis* böcekleri arız olur. *Emprenye edilebilme özelliği;* kolay emprenye edilebilir. *Kullanış yerleri;* kesme ve soyma kaplama levha olarak, özellikle enine dalgalı görünüşte olan kaplama levhalar mobilya endüstrisinde, parke yapımında, müzik aletlerinde ve keman alt tablası yapımında, bobin, makara, fırça sapı, gıda maddesi ambalaj kapları yapımında ve markiteride

kullanılır. *Ticaretî*; 2-10 m boylarda ve 0.2-1.0 m orta çapta yuvarlak halde, kereste ve kaplama levha olarak satılır (Bozkurt ve Erdin 2013).

### 1.4.3. Iroko

*Ticari adları*; Iroko (İng., Fr., F Alm., Tr.), Kambala (Zai., Avrupa ülkeleri), Odum (Gan., FdS). *Yayılışı*; Batı, orta ve doğu Afrika; Sierre Leone, Liberya, Fildişi Sahili, Gana, Togo, Benin, Nijerya, Kamerun, Kongo, Zaire, Angola, Mozambik, Tanzania, Uganda. *Ağacın genel özellikleri*; Ağaç Boyu 45 m. Kullanılabilir gövde uzunluğu 20-28 m. Gövde orta çapı 0.6-2.0 m. Gövde şekli silindirik, 1 m yüksekliğe kadar kök çıkıntılı. *Makroskopik yapı*; Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz ile gri renkte, öz odun başlangıçta gri sarı ile açık kahverengi olup daha sonra altın sarısı ile kaahverengine dönüşür. Tekstür orta ile kaba fakat yeknesak yapıda, kaba iğne çizgili, lif yapısı grift, bazen düzensiz, yer yer kalsiyum karbonat birikimleri mevcut, dekoratif. Yıllık halka sınırları, traheler ve boyuna paransimler çıplak gözle, öz ışınları ise lup altında görülebilir. *Traheler*; dağınık, çoğunlukla tek tek veya ikisi bir arada, nadiren radyal sıralı, trahe çapı 65-320  $\mu$ , mm<sup>2</sup> de 1-10 adet, oran %11. *Boyuna paransimler*; paratraheal bileşik şeritli, kanatlı, tek yanlı ve bileşik halkalı, oran %18. *Öz ışınları*; heterojen, 6-26 hücre yüksekliğinde, 1-5 hücre genişliğinde, mm de 3-9 adet, oran %15 Boyuna paransimlerde ve öz ışını kenar hücrelerinde kristaller mevcut. *Lifler*; Libriform liflerinden oluşur. Uzunlukları 590-2030  $\mu$ , oran %56 (Merev 2003).

Iroko ağacına ait fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler çizelge 1.5'te verilmiştir.

**Çizelge 1.5.** Iroko odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D <sub>0</sub>	0,48-0,67	gr /cm <sup>3</sup>
	D <sub>12</sub>	0,50-0,69	gr /cm <sup>3</sup>
Hacim yoğunluk değeri	Y	0,95-1,15	gr /cm <sup>3</sup>
Daralma miktarları	B <sub>t</sub>	3,8	%
	B <sub>r</sub>	2,8	%
	B <sub>v</sub>	8,8	%
Basınç direnci	$\sigma_B$	58-81	N/mm <sup>2</sup>
Çekme direnci	$\sigma_{\text{ç}}$ //	55-140	N/mm <sup>2</sup>
Eğilme direnci	$\sigma_E$	70-150	N/mm <sup>2</sup>
Elastikiyet modülü	E-Mod	9700-13500	N/mm <sup>2</sup>
Makaslama direnci	$\sigma_M$	9,5-12,5	N/mm <sup>2</sup>
Şok direnci	a	0,15-0,60	kN/cm
Brinell sertlik	( $\perp$ )	53-65	N/mm <sup>2</sup>
Brinell sertlik	(//)	21-45	N/mm <sup>2</sup>

Iroko ağacına ait kimyasal özellikler çizelge 1.6'da verilmiştir.

**Çizelge 1.6.** Iroko odununun kimyasal özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989)

Özellik	%
Selüloz	34-38
Lignin	24-33
Pentozan	15-18
Çöz.Ekst. Mad. Sıcak suda	4,8-7,8
pH	6,4

*İşlenme özellikleri;* El aletleri ve makinelerle oldukça kolay işlenir. Ancak grift liflilik nedeniyle düzgün yüzeyler elde edilmez, kalsiyum karbonat birikimleri kesici kısımların körleşmesine neden olur. Göğüs açısı şerit ve daire testerelerde 15°-20° olmalıdır. Çivilenme ve vidalanmada ön delme işlemi uygulanır. Tüller ve kalsiyum karbonat birikimleri nedeniyle yapıştırma güçtür, sentetik tutkallar kullanılmalıdır. Tornalanabilir, üst yüzey işlemlerinde güçlük çıkarır. Yüzeylerde doldurma ve temizleme yapıldığı takdirde mükemmel bir cilalama mümkün olmaktadır. Odun rutubeti %12'den fazla olduğunda metaller üzerinde korozyon meydana getirmektedir. Ayrıca; yüksek rutubet hallerinde testere talaşı dermatitis ve astıma neden olabilir. *Kurutma;* Kolay kurutulur, fakat çatlama ve çarpılmaya dikkat edilmelidir. Kullanım yerinde stabilitesi iyidir. Kurutma programı T 6/4. *Dayanıklılık;* Diri odun mantar ve böceklere karşı hassas, öz odun mantar, termit ve deniz hayvanlarına karşı dayanıklıdır. *Emprenye edilebilme özelliği;* Diri odun kolay, öz odun son derece güç emprenye edilir. *Kullanış yerleri;* Dekoratif üst yüzey kaplamalarında kesme kaplama levha olarak, mobilya, parke yapımında, binalarda iç ve dış kısımlarda, kapı, pencere imalinde, küçük gemi, vagon, köprü yapımında, travers, kimyasal madde kapları, laboratuvar masaları, bahçe mobilyası, tornacılık ve oymacılıkta kullanılır. *Ticareti;* 4-10 m boylarda, 0.6-1.4 m orta çapta yuvarlak halde ve kereste halinde satılır. *Benzer ve diğer türler;* Afzelia bipindensis Harms: Afzelia, Chloropjora regia A. Chev: Iroko, C. tinctoria Gaud.: Fustik, Tectona grandis L.: Teak (Bozkurt ve Erdin 1989).

#### 1.4.4. Sapelli

*Ticari adları;* Sapele (Nij., İng., ABD., Tr.), Sapelli (Kam., Fr., F Alm.), Lifaki (Zai.). *Yayılışı;* Batı, orta ve doğu Afrika; Liberya, Fildişi Sahili, Gana, Nijerya, Kamerun, Gabun, Kongo, Angola, Zaire, Uganda. *Ağacın genel özellikleri;* Ağaç boyu 45m. Kullanılabilir gövde uzunluğu 15-25 m. Gövde orta çapı 0.7-1.7 m. Gövde şekli silindirik, kısa kök çıkıntılı. *Makroskopik yapı;* Diri odun 3-8 cm genişlikte, beyazımsı

ile sarımsı renkte, öz odun oldukça koyu kırmızımsı kahverengi ile morumsu kahverengi. Tekstür oldukça ince, lif yapısı grift bazen dalgalı, iğne çizikli, radyal yüzeylerde yeknesak dar şeritli küçük öz ışını aynacıkları belirgin, parlak ve çok dekoratif. Yıllık halka sınırları, traheler ve boyuna paranşimler çıplak gözle, öz ışınları ise lup altında görülebilir. *Mikroskopik yapı; Traheler;* dağınık, tek tek ikisi bir arada, nadiren gruplar halinde, trahe çapı 65-230  $\mu$ ,  $\text{mm}^2$  de4-36 adet, bazı trahelerde koyu renkli öz odunu maddeleri bulunur. Oran %20. *Boyuna paranşimler;* apotraheal dağınık, teğet sıralı, paratraheal kümeli, halkalı, bileşik şeritli, oran %16. *Öz ışınları;* kısmen heterojen, kısmen homojen ve ekseriyetle tabakalı yapıdadır. 7-35 hücre yüksekliğinde, 2-7 hücre genişliğinde, mm de 3-7 adet, oran %16. Boyuna paranşimlerde ve öz ışınlarında çok sayıda kalsiyum oksalat kristalleri mevcut. *Lifler;* libriform liflerinden oluşur. Uzunlukları 690-2005  $\mu$ , oran %50 (Bozkurt ve Erdin 1989).

Sapelli ağacına ait fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler çizelge 1.7’de verilmiştir.

**Çizelge 1.7.** Sapelli odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	$D_0$	0,62	gr / $\text{cm}^3$
	$D_{12}$	0,65	gr / $\text{cm}^3$
Hacim yoğunluk değeri	Y	0,69-1,06	gr / $\text{cm}^3$
Daralma miktarları	$B_t$	7,4	%
	$B_r$	4,6	%
	$B_v$	14	%
Basınç direnci	$\sigma_B$	56	N/ $\text{mm}^2$
Çekme direnci	$\sigma_{\text{ç}} //$	88	N/ $\text{mm}^2$
Eğilme direnci	$\sigma_E$	114	N/ $\text{mm}^2$
Elastikiyet modülü	E-Mod	10000	N/ $\text{mm}^2$
Makaslama direnci	$\sigma_M$	8,6	N/ $\text{mm}^2$
Şok direnci	a	0,68	kN/cm
Brinell sertlik	( $\perp$ )	23	N/ $\text{mm}^2$
Brinell sertlik	(//)	44	N/ $\text{mm}^2$

Sapelli ağacına ait kimyasal özellikler çizelge 1.8’de verilmiştir.

**Çizelge 1.8.** Sapelli odununun kimyasal özellikleri (Bozkurt ve Erdin 1989).

Özellik	%
Selüloz	45
Lignin	28
Pentozan	15
Çöz.Ekst. Mad. Sıcak suda	2,4-5,2
pH	5,2-5,3

*İşlenme özellikleri*; El aletleri ve makinelerle güçlük çıkarmadan işlenebilir. Ancak, grift liflilik makinelerle işlenmede etkili olmaktadır. Çivilenme, vidalama ve yapıştırma özellikleri iyidir. Demiri korozyona uğratar. Çok iyi cila kabul eder. Deri tahrişine neden olabilir. *Kurutma*; Çarpılma özelliğine dikkat edilerek oldukça çabuk kurutulabilir. Bu nedenle düşük sıcaklık ve düşük nisbi rutubetlerde kurutulmalıdır. Kullanım yerinde orta derece stabildir. Kurutma programı T 6/4-5. *Dayanıklılık*; Diri odun böceklere karşı hassas, öz odun böceklere karşı orta derecede dayanıklı, deniz hayvanlarına karşı dayanıksızdır. *Emprenye edilebilme özelliği*; Diri odun orta derecede güç, öz odun güç emprenye edilir. *Kullanış yerleri*; Özellikle üst yüzeylerde kesme kaplama, levha olarak, mobilyacılıkta, lambri, parke ve kapılarda, binalarda iç ve dış kısımlarda, uçak, vagon, küçük gemi, keman yapımında, markiteri, tornacılık ve oymacılıkta kullanılmaktadır. *Ticaret*; 4-15 m boylarda, 0.6-1.6 m orta çapta yuvarlak halde, kereste ve kaplama levha olarak satılır. *Benzer türler*; Entandrophragma, Angolense C.DC.: Tiama, E. candollei Harms: Kosipo, Khaya ivorensis A. Chev.: Afrika mahunu, Swietenia macrophylla King: Hakiki mahun, Guarea cedrata Pellegr.: Bossé (Bozkurt ve Erdin 1989).

## **1.5. ARAŞTIRMADA KULLANILAN MANTARLAR**

### **1.5.1. *Postia placenta***

*Postia placenta* (Fr.) M. Lars. Et Lamp. (Syn: *Poria monticola* Murr.; *P. Microspora Overholts.*; *Oligoporus placenta* (Fr.) Cke); Kuzey Amerika ve Kanada'dan İngiltere'ye iğne yapraklı ağaç odunlarıyla ithal edildi. *Postia placenta*, esmer çürüklük etmeni olup, iğne yapraklı ağaç odunlarını tercih etmektedir. *Üreme Organları*; Üreme organı, yıllık, 2-3 mm kalınlıkta, taze halde derimsi yapıda, kurduğunda ise oldukça gevrek. Üzeri beyaz veya saman rengi ile kül rengi arasındadır. Uç kısımları ince, steril bir zar (spor geliştirmeyen) halinde olup, sonradan spor geliştirmeye başlar. Odun üzerinden koparılmak istendiğinde, çürümüş odunun bir kısmı da mantarla birlikte gelir. Çevre şartlarından kolay etkilenecek tahrip olabilir. *Çürüklüğün Makroskopik Özellikleri*; Çürüklüğün ilk belirtileri, belirsiz çizikler ve yeşilimsi kahverenkli veya pembemsi kahverengi şeritler şeklinde uzayan lekelerdir. Douglas göknarında çürümenin ilk işareti, mavimsi, morumsu bir renklenmedir. Çürüklüğün ileri safhalarında, odun kübik parçalar şeklinde çatlaklı bir hal alır ve parmaklar arasında ezildiğinde kolayca ufalanır. *Ekonomik Önemi*; Douglas göknarı ve sitka ladini odunları

havalandırma imkanı olmayan yerlerde depo edildiğinde, özellikle bu tür çürüklüğe maruz kalacağı belirtilmiştir. (Cartwright ve Findlay, 1958). *Fizyolojik Özellikleri*; Optimum sıcaklık isteği 28°C, gelişimine devam ettiği maksimum sıcaklık  $\pm$  35°C'dir. Eslin (1986) malt ekstrakt agar besin ortamında büyüme oranını 6,2 mm/gün olarak tespit etmiştir. Bu mantar iğne yapraklı ağaçların aktif tahribatçısıdır. Güney çamlarında 12 haftalık soil blok test koşullarına maruz bırakılması sonrası oluşan ağırlık kaybı ortalama %56 olarak tespit edilmiştir. Benzer veriler (%61 ortalama ağırlık kaybı) Seifert (1980) tarafından da rapor edilmiştir. (Köse 2000; Köse 2006).

### **1.5.2. *Gleophyllum trabeum***

Mantar, Amerika, Orta Avrupa ve Güney Avrupa'da istif edilmiş veya yapılarda kullanılmış ağaç malzemelerde önemli çürüklükler yapmaktadır. *G. abietinum*'a benzemekte ve hem yapraklı, hemde iğne yapraklı ağaç malzemeye arız olmaktadır. *Üreme Organı*; Üreme organı ince bir konsol şeklindedir. Alt kısımda lameller veya uzunca "trametoid" delikçikler vardır (0.25-0.5 mm çapında). Bazen tamamen substrata yapışık (resupinat) formda olabilir. Üreme organının yapısı şişe mantarı veya kösele gibidir. Rengi başlangıçta sarımsı kahverengi olup, sonradan koyulaşır. Daha sonra solar ve üst kısmı hemen hemen tamamen ağarır. Amiloid olmayan sporları mikroskopta tek tek incelendiğinde renksiz, kitle halindeyken hafif pas rengindedir. Şekilleri elipsoi veya silindirik, büyüklükleri 7.0-11.0×3.0-4.5  $\mu$ m'dir. Sistidiumları yoktur. *Çürüklüğün Özellikleri*; Mantar diğer *Gloeophyllum* türlerinin oluşturduğu çürüklüğe benzeyen, kübik çatlaklı esmer çürüklük yapmaktadır. Hüfler mikroskopta incelendiğinde, diğer türlerin hüflerine benzerlik göstermekte ve çok sayıda çengel oluşumu bulunmaktadır. Bu oluşumlar bazen madalyon şeklini almaktadır. Lifsi miselyumun rengi, *Gloeophyllum sepiarium*'unkinden daha soluk kahverengidir. *Mantar Kültür Özellikleri*; Mantarın kültürü beyaz ve tüyümsüdür. Kısa bir süre sonra oranj, toprak veya somon rengine döner. Tüpte geliştirilen kültür, üst tarafta bol miktarda gelişerek kalın, yumuşak ve tüyümsü bir yastık oluşturur. Miselyum besin ortamının alt tarafında az gelişme göstermekte ve rengi krem veya hafif sarımsı olmaktadır. Hüfler mikroskopta hiyalin veya sarı renkte görülür. Kalın çeperli ve 1.5-3.5  $\mu$ m çaptadır. Çengel oluşumuna çok sık rastlanır. Bol miktarda sekonder sporlar gelişir. Klamidosporlar yumurta veya elips şeklinde olup, 6-40×5-10  $\mu$ m büyüklüğündedir. Hava miselyumunda oidium'lar görülmektedir. Bazen kültür

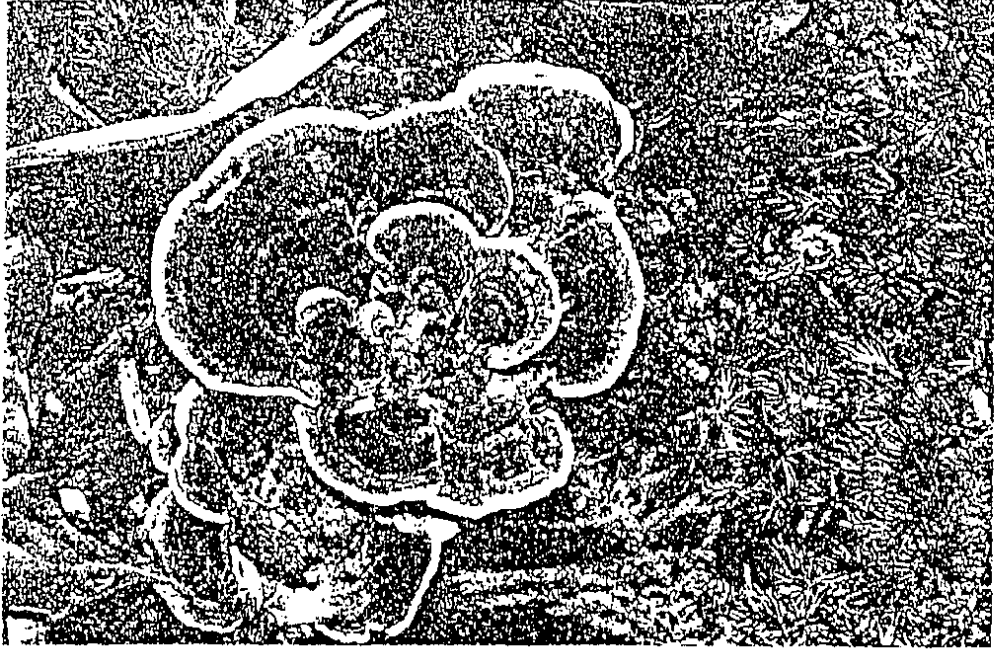
ortamında anormal üreme organları geliştirmektedir. *Fizyolojik Özellikler*; Bu mantarın en önemli karakteristiği, oldukça yüksek sıcaklık derecelerinde hızlı büyüme göstermesidir. Büyüme için optimal sıcaklık 35°C, maksimum sıcaklık ise 40°C'nin hemen üstündedir. Çoğunlukla sıcak iklimli ülkelerde bulunur ve kurumaya karşı çok dayanıklıdır. %12 rutubet içeren odunda 10 yıldan daha uzun süre yaşamını devam ettirdiği tespit edilmiştir. Mantarın bazı izolasyonları arseniğin oldukça yüksek konsantrasyonlarına dayanıklılık göstermektedir. Metabolik aktiviteleri sonucunda arseniğin sarımsağa benzeyen kokudaki uçucu bileşimlerini oluşturmaktadırlar. Çok kullanılan besin ortamlarında basidiosporları kolayca çimlenmektedir. Ayrıca, sporların %50'sinin bir yıl depolamadan sonra çimlenebildiği tespit edilmiştir. *Ekonomik Önemi*; *Gloeophyllum trabeum* Amerika ve Avrupa'nın sıcak bölgelerinde depo edilmiş kereste ile binalardaki ağaç malzemedeki önemli çürüklükler yapmaktadır. Çatı kerestelerinde çok bulunduğu bildirilmiştir. Bu mantar açık havada kullanılan yapraklı ve iğne yapraklı ağaç malzemeye arız olmaktadır. Taşıt araçlarının ağaçtan yapılmış kısımlarında da çok görülmektedir (Bozkurt, Erdin ve Ünlügil 1995).

### **1.5.3. *Trametes versicolor***

*Trametes versicolor* dünyanın birçok yerinde yaygın olarak görülmekte, özellikle ılıman iklim kuşağında yer alan ülkelerde çok bulunmaktadır. Çeşitli formları vardır. Bu formlardan bazılarının akraba türleri olan *Polystictus velutipes* ve *P.zonnatus*'tan ayırt edilmesi zordur. Hemen hemen tüm yapraklı ağaçların diri odununa arız olmakta, bazen iğne yapraklı ağaç odunlarında da bulunmaktadır. Genel olarak saprotif bir mantardır. Kesilmiş ağaçlara veya daha önce başka nedenlerle ölmüş olan dikili ağaçlara arız olmaktadır. Örneğin, *Catalpa speciosa*'da öz odun çürüklüğü yaptığı bilinmektedir. Ayrıca, buzlanma nedeniyle dalları kırılmış olan kara kiraz ve şeker akçaağacında taç çürüklüğü yaptığı tespit edilmiştir. Ormanda yatan tomruklar, eski kütükler, çit direği vb. Toprakla temas halindeki malzemedeki çok sık rastlanmaktadır. *Trametes versicolor*, meşe gibi öz odunu çürümeye karşı doğal dayanıklı türlerde, diri odunu tahrip etmekte, kayın gibi çürümeye daha az dayanıklı türlerde ise odunun tümünü çürütmektedir. Rutubeti yüksek maden ocaklarında yapraklı ağaçlardan yapılmış maden direklerini de çürütmektedir. *Üreme Organı*; Üreme organları bir yıllık olup, ince (1-3 mm kalınlıkta), sert ve birbiri üzerine kiremit gibi yerleşmiş konsollar şeklindedir. Konsollar 3-8 cm çapında ve alt taraftaki delikçikli yüzeyi krem rengindedir. Üst yüzeyi ise her zamanki



kadife veya satenimsi yapıda konsantrik zonlu olup, kahverengi veya grinin çeşitli tonlarındadır (Bozkurt, Erdin ve Ünligil 1995).



**Şekil 1.18.** *Trametes versicolor*'da genç, çok renkli üreme organı (Bozkurt, Erdin ve Ünligil 1995).

Karanlıkta, örneğin maden ocaklarında gelişen üreme organları açık kremsi sarı veya hemen hemen beyaz renkte ve normal gelişmiş üreme organlarından daha sert olmaktadır. Beyaz ile sarımsı renkteki borucuklar çok kısadır. (1-2 mm boyunda). Delikçikler başlangıçta küçük ve yuvarlak iken sonraları uçları yırtılarak düzensiz şekilli olurlar. Amiloid olmayan sporlar  $6-8 \times 1.5-3.0$   $\mu\text{m}$  büyüklüktedir. Kitle halinde bulduklarında krem renginde, mikroskopta tek tek incelendiklerinde ise renksiz görülürler. *Çürüklüğün Makroskopik Özellikleri; Trametes versicolor* arız olduğu yapraklı ağaç odunlarında beyaz çürüklük yapmaktadır. Dişbudak ve kayın gibi ağaç odunlarında, çürüklüğün ilk göstergesi beyaz lekelerin oluşmasıdır. Bu türlere ait kereste, havalandırmanın yetersiz olduğu yerlerde depolandığında, üzerlerinde birbirinden ayrı, yer yer lekeler gelişmektedir. Malzemenin içerisine az nüfuz eden bu lekelerin her biri, ayrı bir enfeksiyon odağı oluşturmaktadır. Lekelerde mantar sporları çimlenerek çürüklüğü başlatırlar. Çürüklük ilerledikçe odunun rengi açılmakta, ağırlığı azalmakta, en sonunda da odun tamamen beyaz renge dönerek, ağırlığını çok kaybetmektedir. Renk kaybının, suda eriyen renk maddelerinin dekompozisyonu ile

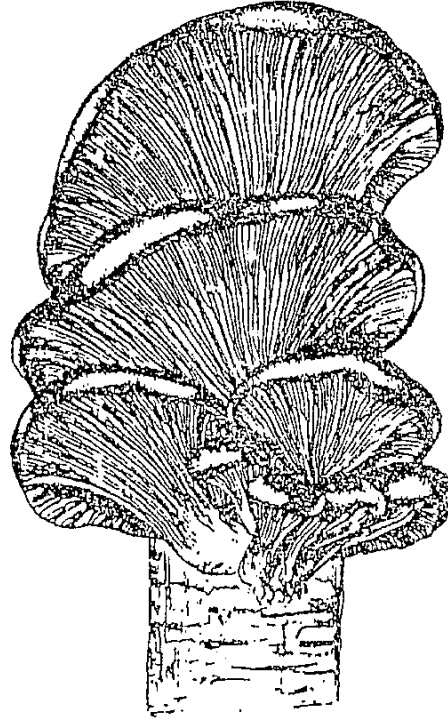
oluştugu, ligninin dekompozisyonu demek olmadığı iddia edilmektedir. *Trametes versicolor*, odunu tamamen çürütebilme kabiliyetindedir. Çürüklüğün en ilerlemiş safhasında bile odun orjinal şekil ve hacimini korumakta, daralma ve çatlama görülmemektedir. Çürüklüğün çok belirgin sayılabilecek bir özelliği yoktur. Ancak, bazen yüzeyde beyazımsı misel tabakaları bulunur ve bunlar bazı noktalarında üreme organı için tipik olan esmerimsi lekeleri taşırlar. Bu lekeler, üreme organının bulunmadığı bazı hallerde mantar türünün teşhisine de imkan vermektedir. *Çürüklüğün Mikroskopik Özellikleri*; Çürümüş odunda miselyum bol bulunmaktadır. Büyük traheler bazen renksiz mantar hüfleri ile boğulmuştur. Hüfler genellikle çok ince olup, 0.5-4.0 µm çapındadır. Bazen trahelerde 7 µm kadar çapta olanları da vardır. Çok sayıda çengel oluşumu görülebilir. Hüfler, çürümenin başlangıç safhasında geçitlerden, daha ileri safhalarında ise çeperlerden geçmektedir. Çeperlerde oldukça küçük, 2.5 µm kadar çapta delikçikler açarlar. Hücre çeperlerini çok inceltmiş olanları, çeperi lümeninden dışarı doğru tedricen tükettiklerini göstermektedir. *Mantarın Kültür Özellikleri*; Mantar, % 2'lik malt-agarda önce ince, renksiz ve besin maddesine sıkıca yapışmış bir miselyum geliştirmektedir. Bu safhada koloninin gelişmekte olan uç kısmındaki hava hüfleri biraz şişkinleşmiş bir sınır oluştururlar. Kültürün orta kısımlarında keçe başlangıçta ince kalır, ancak besin ortamının görünmesine engel olmaz. Sonradan katılaşmış, düz, sık örgülü bir hal alır ve en sonunda güderi rengine döner. Keçede görülen renkler beyazımsı veya hafif renkliden papatya sarısı, açık toprağımsı deve tüyü rengine kadar değişir. Busırada üzerinde geliştiği malt agar ortamının rengi de solar. Yeni gelişen hüfler oldukça ince, çoğunlukla 2-3 µm çapında olup, fazla değişiklik göstermezler. Çengel oluşumu bol ve belirgin bir ilmik şeklindedir. Olgunlaşmış hava hüfleri ise genelde kalın çeperli, lifli, 3-4 µm, bazen 10 µm genişliğindedir ve az sayıda çengel oluşumu bulunur. Besin ortamında nadiren klamidosporlar ve çok miktarda da kristaller oluşmaktadır. *Fizyolojik Özellikler*; Sporlar suda ve malt agarda kolaylıkla çimlenmekte ve canlılıklarını en az üç ay korumaktadır. Mantar malt agar kültüründe günde yaklaşık 2 cm kadar uzar. Kültürde gelişme için optimum sıcaklık 29°C, maksimum sıcaklık yaklaşık 38°C'dir. Gelişmenin 29.5°C sıcaklıkta ve 15-745 mm arasındaki oksijen basıncında en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Oksijen basıncının gelişme için minimuma yakın olduğu seviyede, büyüme en az karbon kaybı ile meydana gelmiş ve burada sıcaklık derecesi önemli rol oynamıştır. Kimyasal bakımından çok aktif olan bu mantar, lignin ve selülozu şiddetle tüketmektedir. Lignin miktarı yüksek olan birçok tropik ağaç türü odununda da çürüklük yaptığı tespit

edilmiştir. Bu faaliyetin, mantarın oluşturduğu lakkaz enziminin oksidasyon gücünün yüksek olmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Mantar oksidasyon gücünün yüksek olduğu, sıvı mantar kültürüne guaicum çözeltisi ilave edildiğinde, süratle koyu mavi renk oluşması ile anlaşılmaktadır. *Trametes versicolor* mutaze ve fosfotaze enzimleri de oluşturduğundan, anaerobik şartlar altında gelişme ve alkol fermantasyonu yapabilme kabiliyetindedir. Mantar, glikozidlerin çok yüksek konsantrasyonlarında, örneğin % 4'lük saponinde gelişebilmekte, tanenin düşük konsantrasyonlarında, örneğin (%0.5) ise gelişmesi durmaktadır. Tanen ortamında, koyu kahverengi renk oluşması, tanenin reaksiyon ürünlerinin oluşmasının bir göstergesi olup, gelişmeyi engellemektedir. Meşe öz odununun bu mantarın tahribatına karşı dayanıklı olmasının nedeni, tanene karşı hassas olmasından kaynaklanmaktadır. *Trametes versicolor*, antiseptik meddelerin çoğuna, oldukça dayanıklıdır. Bu antiseptik maddeler arasında, kömür katranı esaslı koruyucular ve zehirli tuzların sudaki çözeltileri sayılabilir. Ayrıca, mantarın fenol oksidaz sistemi bulunduğundan, ortofenil fenol gibi fenolik maddelere fevkalade dayanıklıdır. *Trametes versicolor*'un yaptığı çürüklük, kimyasal bakımında detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Araştırmaların sonuçlarına göre, pentozanlar ve lignin çürüklüğün başlangıç safhasında degradasyona uğratılmaktadır. Bu olay, bazı şartlar altında asit-alkol eriyiklerinin kayın odununda meydana getirdiği etkiye benzetilmektedir. Çürüklüğün daha sonraki safhalarında ise mantarın önce lignini, daha sonra selülozu ve orta lameldeki pektini tükettiği görüşü kabul edilmektedir. Bu mantarın dekompoze ettiği kayın odunu; ksilan, az miktarda galaktan, mannan, levulozandan oluşan ve kauçuğa benzeyen bir maddeye dönüşmektedir. Kauçuğa benzeyen bu madde, ara maddelere, en sonunda da şekerlere hidrolize edilmektedir. Şekerler kısmen mantar tarafından absorbe edilmekte, kısmen de alkole ayrıştırılarak, oksidazyona uğramakta ve az miktarda aseton ile glukronik asit meydana gelmektedir. *Liquidambar styraciflua* diri odununda da mantarın oluşturduğu kimyasal değişimler ile direnç kaybı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Varılan sonuçlara göre, çürümenin başlangıç safhalarındaki direnç kaybı, hücre çeperindeki ligninin ve suda eriyen karbonhidratların çıkarılması veya bileşimlerinin değiştirilmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu araştırmalarda, çürüme ile odunun önemli komponentler önce tahribe uğramaktadır. Odun maddesinin kısmen tüketilmesinden önce Cross ve Bevan selülozu, selüloza bağlı pentozanlar ile sıcak suda çözünen komponentler ise az değişikliğe uğramaktadır. *Trametes versicolor* kurumaya ve yüksek sıcaklığa karşı oldukça dayanıklıdır. Uzun süre kuru olarak kalan odunda tekrar faaliyete geçebilir. 55°C'ye 60

dakikada dayanabilmekte, aynı sıcaklıkta 90 dakika sonra ölmektedir. *Ekonomik Önemi;* *Trametes versicolor*'un Kesilmiş yapraklı ağaç odunlarında, diğer bütün mantarlardan daha fazla çürüklük yaptığı tahmin edilmektedir. Çünkü, yeteri derecede havalandırılmayan depo yerlerindeki kayın ve dişbudak kerestesinde ve çeşitli yapraklı ağaçlardan hazırlanmış direklerde en fazla çürüklük yapan mantardır. Binaların açık havaya maruz kalan kısımlarında da görülmektedir. Örneğin; çürümüş meşe doğramalarından izole edilmiştir. Ancak, rutubet ihtiyacı yüksek olduğundan, binalarda kullanılan ağaç malzemede *Serpula lacrymans*'ın yaptığı çürüklüğe benzeyen bir çürüklüğe neden olmamaktadır (Bozkurt, Erdin ve Ünligil 1995).

#### **1.5.4. *Pleurotus ostreatus***

Pleurotus ostreatus Avrupa ve Amerika'da çok yaygındır. Afrika, Avustralya ve Hindistan'da da bulunduğu bildirilmiştir. En fazla kayın, söğüt, kavak, atkestanesinde, bazen göknar ve ladinlerde görülmektedir. Yara parazitidir. Saprotif olarak kütüklerin ve yerde yatan gövdelerin öz odununa arız olur. Üreme organları çoğunlukla gövde üzerinde yara yakınlarında ve kırık dal diplerinde gelişmektedir. *Üreme Organları;* Etsi üreme organları yelpaze şeklinde ve 5-20 cm genişliğindedir. Tamamen sapsız veya arka tarafında kısa, eğik, sapa benzeyen bir dip kısmı vardır. Alt yüzeyinde beyazımsı, aşağı doğru uzanan lameller bulunur. Lameller dibe yakın kısımlarda anastomoz gösterirler. Üst kısmı gençlikte düz, ıslak ve koyu mavimsi gri renktedir. Sonradan açık gri veya kahverengimsi açık gri renge döner. Beyaz trama gençken yumuşaktır, fakat kurduğunda sertleşir (Bozkurt, Erdin ve Ünligil 1995).



**Şekil 1.19.** Kayın gövdesinde *Pleurotus ostreatus*'un üreme organları (Bozkurt, Erdin ve Ünlügil 1995).

Sporlar tek tek incelendiğinde renksiz, kitle halinde bulduklarında ise beyaz ile deve tüyü rengindedir. Amiloid olmayan sporlar elipsoid şekilde ve yüzeyleri pürüzsüzdür. Büyüklükleri  $8.0-12.0 \times 3.0-4.5 \mu\text{m}$ 'dir. Üreme organları yetiştirme ortamına göre değişik şekiller göstermektedir. Karanlıkta gelişmiş üreme organlarının sapları çok gelişir, şapka (pileus) küçük kalır veya hiç gelişmez. Üreme organları yenilebilir; lezzetli olduğundan aranan bir mantardır. *Çürüklüğün Makroskopik Özellikleri*; Mantar yapraklı ağaçlarda ince tabakalar halinde ayrılan beyaz çürüklük yapmaktadır. Çürümüş kısımlar genellikle dar, koyu kahverengi bir zonla çevrilmiştir. Nadir hallerde *Pinus rigida*'da, yıllık halkaları birbirinden ayıracak şekilde çürüklük yaptığı görülmüştür. *Çürüklüğün Mikroskopik Özellikleri*; Hüfler, çürümüş kayın odununda bol miktarda bulunur. Bazen trahelerde birikip, birbirine paralel uzanan iplikçikler oluşturur. Odundaki hüflerin çoğu  $1-2 \mu\text{m}$ , trahelerdekiler ise  $6 \mu\text{m}$  kadar çaptadır. Hücre çeperini  $1-2 \mu\text{m}$  genişliğinde, küçük silindirik delikçikler açarak geçerler. Hüflerde çok sayıda çengel oluşumu görülür. Akçaağaç odununda yapılan bir çalışmada, hüflerin geçitlerden geçtiği, geçitlerden sonra da geçitleri ve lümenleri yavaş yavaş genişlettikleri tespit edilmiştir. Bunlardan önce  $S_3$  tabakasının, en son saflarda da orta lamelin dekompoze edildiği anlaşılmaktadır. Öz ışınları odundaki diğer elemanlardan daha uzun süre çürümeden

kalmaktadır. Mikro kimyasal testler, delignifikasyonun ilkbahar odununda, yaz odunundan daha hızlı oluştuğunu göstermiştir. *Mantarın Kültür Özellikleri*; Mantar malt-agarda yoğun, beyaz, yünümsü keçe geliştirmektedir. Deney tüpünde geliştirilen mantarın hava miselyumu, tüpün yanlarına dağılır; en sonunda keçe, esnek, hemen hemen derimsi hale geçer ve krem renginde lekeler gösterir. Çoğunlukla uzun saplı ve küçük pileus'lu (şapkalı), küçük üreme organları gelişir. Bazen pileus gelişmez, sadece sap oluşup, dallanır ve mercana benzeyen şekiller aldığı görülür. Karanlıkta ekmek üzerinde geliştiğinde, önceleri beyaz miselyum geliştirir; üç hafta sonra merkezi kısım sarımsı et rengine döner. Işıқта bu yetiştirme ortamında sarımsı kırmızımsı sıvı damlacıkları salgılanır. Ekmek kültürlerinde oluşan renkler, bu mantarın *Pleurotus* türlerinde ayrılmasına yardımcı olmaktadır. *P. Ostreatus* dışındaki diğer *Pleurotus* türlerinin kültürlerinde miselyum beyazdır. Agar kültüründeki hüflerin çapları 3-7 µm arasındadır. Fazla sayıda çengel oluşumu vardır. Hüflerin üzerinde bazen kristal maddeler birikir. Yetiştirme ortamında bol miktarda kristaller görülmektedir. *Fizyolojik Özellikler*; Mantar malt-agarda süratle büyür. Optimum sıcaklık derecesinde (27°) bir koloninin günlük çap artımı ortalama 17.2 mm'dir. Düşük sıcaklık derecelerinde de oldukça süratli gelişme kabiliyetindedir. Örneğin; 10°C'de koloninin çapı günde 5 mm büyür. Bu mantarın çürüttüğü testere talaşında yapılan bir araştırmada, odunun kimyasal kompozisyonundaki bütün maddelerin degradasyona uğratıldığı ve tipik beyaz çürüklüğün oluşturulduğu meydana çıkarılmıştır. Mantarın geliştiği besin ortamına guaiacum çözeltisi ilave edildiğinde mavi bir reaksiyon göstermesi, oksidasyon enzimlerinin salgılandığını gösterir. Sporları, suda ve besin maddesi eriyiklerinde 3-4 gün içerisinde kolayca çimlenmekte ve yaşam kabiliyetlerini en az dört ay korumaktadır. *Ekonomik Önemi*; *Pleurotus ostreatus* kayında ve diğer yapraklı ağaçlarda oldukça önemli zararlar yapmakta, ağaç gövdesine girdikten sonra çürüklük süratle gelişmektedir. Kaliforniya'da badem ağaçlarında, Kuzey Afrika'da incirlerde çürüklük yaptığı da bildirilmiştir. Yenebilen üreme organları Japonya'da kültür mantarı olarak yetiştirilmekte, ülkemizde de bu konuda çalışmalar yapılmaktadır (Bozkurt, Erdin ve Ünligil 1995).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. MATERYAL

Yüksek Lisans tez çalışmasında ülkemizde orman ürünleri endüstrisinde geniş kullanım alanlarına sahip 2 yerli (Kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve Akçaağaç (*Acer ssp.*)), en fazla ithal edilen 2 egzotik (Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) ve Iroko (*Chlorophora excelsa*)) ağaç türü kullanılmıştır. Ağaç malzeme örnekleri Düzce’de bulunan Güven Orman Ürünleri A.Ş.’den rastgele örnekleme yöntemine göre temin edilmiş olup Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi İklimlendirme Odası’nda uzun süre bekletilmiştir. Çalışmada ağaç malzemedeki çürüklük yaptığı bilinen 2 esmer (*Postia placenta* ve *Gloeophyllum trabeum*) çürüklük mantarı ve 2 beyaz (*Trametes versicolor* ve *Pleurotus ostreatus*) çürüklük mantarı kullanılmıştır.

### 2.2. YÖNTEM

#### 2.2.1. ThermoWood Metodu İle Isıl İşlem Uygulaması

Kestane, Akçaağaç, Iroko ve Sapelli odunları, 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 Kestane, Akçaağaç, Iroko ve Sapelli odunları hava kurusu halde ısıl işleme tabi tutulmuşlardır.

ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulamasında işletmenin üretim programına uygun olarak 190°C sıcaklıkta 2 saat ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ile ısıl işlem yapılarak 3 farklı varyasyon oluşturulmuştur.

Isıl işlem varyasyonlarının uygulandığı üretim programları Çizelge 2.1’de görülmektedir.

**Çizelge 2.1.** Isıl işlem varyasyonları.

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

Isıl işlem uygulaması tamamlanan odunlardan çalışma kapsamında kullanılacak olan ısıtım işlem görmüş test örnekleri hazırlanarak,  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  bağıl neme sahip iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar 2 ay bekletildikten sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir. Deney örneklerinin sayısı TS CEN/TS 15679/2010'a göre belirlenmiştir.

### **2.2.2. Xenon Lambası ile Hızlandırılmış Yaşlandırma Uygulaması**

Test örneklerine hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma-Geliştirme (AR-GE) laboratuvarında gerçekleştirildi. Yaşlandırma uygulamasında, kontrol ve ısıtım işlem varyasyonlarının her biri için 2'şer adet olmak üzere  $3\times 40\times 135$  mm ölçülerinde toplamda kontrol grubu ile birlikte 32 adet test örneği hazırlandı. Her bir test örneğinin 2'şer noktasından kontrol amaçlı olarak kullanılmak üzere yaşlandırma öncesinde renk değerleri ölçüldü.

Yaşlandırma işlemi ATLAS firmasının ürettiği Xenotest Alpha Hızlandırılmış Yapay Test cihazında 144 saat gerçekleştirildi. Yaşlandırmada ISO 4892-2/1998 standardı esas alınmak sureti ile işlemler gerçekleştirilmiştir.

Yaşlandırma testlerinde Xenon-Ark lamba kullanılmıştır. Xenon-ark lambası ışığının örnek yüzeylerindeki etkilerini belirlemek için yapılan deneyler; 102 dakikalık, ışımaya yaşlandırması,  $90^{\circ}$  açıda, ışık radyasyon döngüsünde, siyah panel sıcaklığı (Black Panel)  $63 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ve  $\% 60 \pm 5$  nispi nemde ayarlanarak uygulandıktan sonra, 18 dakikalık damıtılmış su püskürtmesi  $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de ve  $\%80\pm 5$  nispi nemdeki kondisyonlama şartlarında ayarlanarak; tahribat süreci ortamı taklit edilerek gerçekleştirilmiştir (TS 8106-2/1998, ISO 4892-2/1998).





**Şekil 2.1.** Atlas Xenotest Alpha+ Yaşlandırma Cihazı (Çolak 2014).

Yaşlandırma işlemi tamamlanan varyasyonlara ait test örnekleri  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $65\pm 5$  bağıl neme sahip iklimlendirme odasında 28 gün bekletildikten sonra yaşlandırma sonrası renk değerlerinin belirlenmesi için ölçümler yapıldı.

### **2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi**

Fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, daralma-genişleme, parlaklık, ortalama yüzey pürüzlülüğü kontrol örneği ve ısı işlem görmüş test örneklerinden elde edilen bulguların karşılaştırması yapılmıştır. Renk özellikleri ise kontrol örneğine göre ısı işlem sonrası ve yaşlandırma sonrası olmak üzere ayrı ayrı incelenmiştir.

#### *2.2.3.1. Tam Kuru Yoğunluk*

Tam kuru yoğunluk denemeleri TS 2472/1976 standardına göre yürütülmüştür. Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi için  $20\times 20\times 30$  mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Örneklerin hazırlanmasında odunun öz, çürük, budak ve çatlak gibi odun kusurlarını içermemesine dikkat edilmiştir. Her bir odun türü için, her bir sıcaklık ve kontrol için 25 adet olmak üzere  $25\times 16=400$  adet deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler

103±2°C sıcaklıkta kurutmaya tabi tutulmuş ve numuneler değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Tam kuru hale gelen örnekler, kurutma fırınından alınarak içerisinde CaCl<sub>2</sub> bulunan desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 g duyarlılık elektronik terazide tartılmıştır. Örneklerin boyutları ±0,001 mm duyarlılık dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri hesaplandıktan sonra tam kuru yoğunlukları ( $\delta_o$ ); tam kuru ağırlık ( $M_o$ ) ve hacim ( $V_o$ ) değerlerine göre;

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

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

$\delta_o$  : Tam kuru yoğunluk, (gr/cm<sup>3</sup>)

$M_o$  : Tam kuru ağırlık, (gr)

$V_o$  : Tam kuru hacim, (cm<sup>3</sup>)

#### 2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk

Hava kurusu yoğunluk denemeleri TS 2472/1976 standardına göre yürütülmüştür. Hava kurusu yoğunluğun belirlenmesi için 20x20x30 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Örneklerin hazırlanmasında odunun öz, çürük, budak ve çatlak gibi odun kusurlarını içermemesine dikkat edilmiştir. Her bir odun türü için, her bir sıcaklık ve kontrol için 25 adet olmak üzere 25x16=400 adet deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarındaki odada bekletilerek değişmez ağırlığa ve boyutsal stabiliteye ulaşması sağlanmıştır. Örneklerin %12 rutubet derecesine ulaşmaları sağlandıktan sonra teğet, radyal ve boyuna yönlerdeki ölçüleri ± 0,001 mm duyarlılık kumpas ile ölçülmüş ve numunelerin hacimleri tespit edilmiştir. Daha sonra ± 0,01 gr duyarlılıkta tartım yapabilen hassas terazide her bir örneğin ağırlıkları belirlenmiştir.

Hava kurusu yoğunluklar aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

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

Eşitlikteki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

$\delta_{12}$  : Hava kurusu yoğunluk, (gr/cm<sup>3</sup>)

$M_{12}$  : Hava kurusu ağırlık, (gr)

$V_{12}$  : Hava kurusu hacim, (cm<sup>3</sup>)

### 2.2.3.3. Daralma

Daralma miktarları, teğet ve radyal yönde TS 4083/1983, hacimsel TS 4085/1983 esaslarına uyularak belirlenmiştir. TS CEN/TS 15679/2010'a göre, her bir varyasyon için 25'er adet olmak üzere toplam 25×16=400 daralma örneği hazırlanmış ve 20°C sıcaklıktaki temiz ve dinlendirilmiş su içerisinde boyutlarında bir değişim olmayıncaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin boyutları ±0,001 mm hassas dijital kumpasla ölçülerek rutubetli boyutları bulunmuştur. Aynı örnekler, normal atmosfer şartlarında 2 hafta bekletildikten sonra 103±2°C sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuş, içerisinde CaCl<sub>2</sub> bulunan desikatörde soğumaya bırakılmış ve ilk ölçüm yerlerinden tekrar ölçüm yapılarak tam kuru boyutları bulunmuştur. Bulunan rutubetli ve tam kuru boyutlara göre daralma yüzdeleri ( $\beta$ ) aşağıdaki eşitlik ile tespit edilmiştir (2.3);

$$\beta = \frac{R_y - R_o}{R_y} \times 100 (\%) \quad (2.3)$$

Eşitlikte;

$\beta$  : Daralma miktarı, (%)

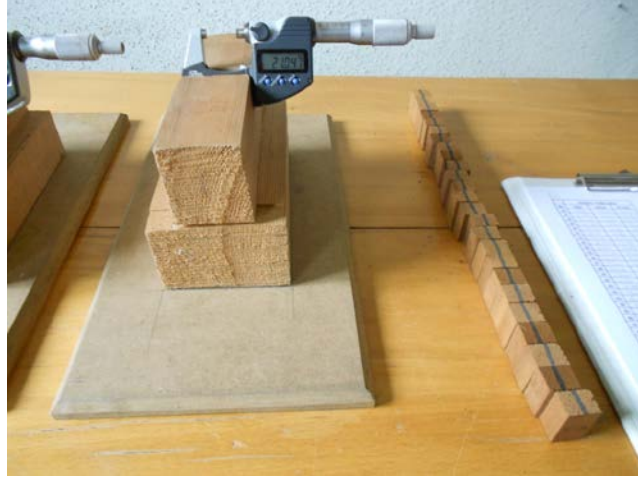
$R_y$  : Yaş haldeki ölçü, (mm)

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

Bu formülle, teğet ( $\beta_t$ ), radyal ( $\beta_r$ ) ve boyuna yöndeki ( $\beta_b$ ) daralma yüzdeleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler kullanılarak aşağıdaki formülle hacmen daralma yüzdesi ( $\beta_v$ ) hesaplanmıştır (TS 4085/1983).

$$\beta_v(\%) = \beta_t + \beta_r + \beta_b \quad (2.4)$$

Şekil 2.2.'de boyutların ölçülmesinde kullanılan ±0,001 mm hassas digital kumpas ve ölçüm resmi görülmektedir.



**Şekil 2.2.** Örnek boyutlarının ölçülmesinde kullanılan kumpas (Çolak 2014).

#### 2.2.3.4. Genişleme

Genişleme miktarları, teğet ve radyal yönde TS 4084/1983 ve hacimsel TS 4086/1983 esaslarına uyularak belirlenmiştir. TS CEN/TS 15679/2010'a göre, her bir varyasyon için 25'er adet olmak üzere toplam  $25 \times 16 = 400$  genişleme örneği hazırlanmış ve  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulup, içerisinde  $\text{CaCl}_2$  bulunan desikatörde soğutulduktan sonra karşılıklı iki kesitte işaretlenen noktalar arasındaki uzunlukları  $\pm 0,001$  mm hassas dijital kumpasla ölçülmüştür. Aynı örnekler  $20^\circ\text{C}$  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 ( $\alpha$ ) aşağıdaki eşitlik ile tespit edilmiştir(2.5);

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

Eşitlikte;

$\alpha$  : Genişleme miktarı, (%)

$R_y$  : Yaş haldeki ölçü, (mm)

$R_0$  : Tam kuru ölçü, (mm) ifade etmektedir.

Bu formülle, teġet ( $\alpha_t$ ), radyal ( $\alpha_r$ ) ve boyuna yöndeki ( $\alpha_l$ ) genişleme yüzdeleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler kullanılarak ařaġıdaki formülle hacmen genişleme yüzdesi ( $\alpha_v$ ) hesaplanmıştır (TS 4085/1983).

$$\alpha_v(\%) = \alpha_t + \alpha_r + \alpha_l \quad (2.6)$$



**şekil 2.3.** İklimlendirme odası (Çolak 2014).



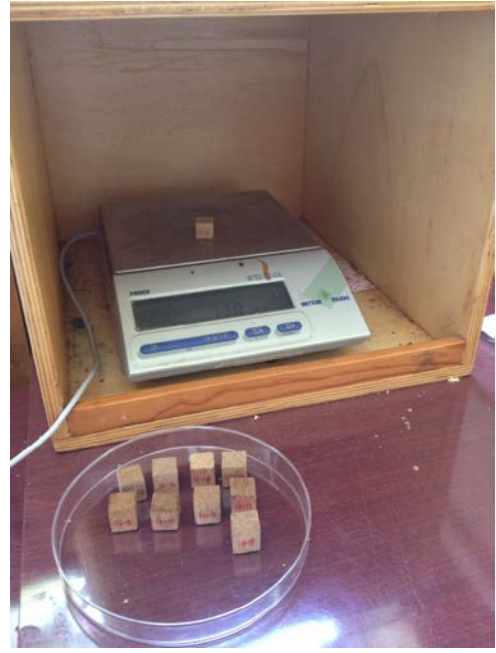
**Şekil 2.4.** Etüvde örneklerin kurutulması (Çolak 2014).



**Şekil 2.5.** Etüv (Çolak 2014).



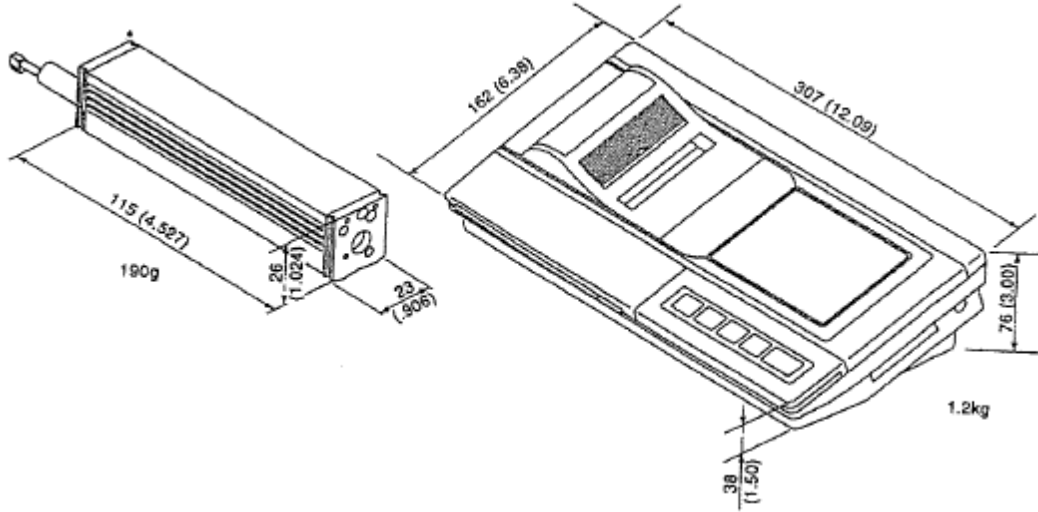
**Şekil 2.6.** Desikatörde örneklerin soğutulması (Çolak 2014).



**Şekil 2.7.** Hassas terazide örneklerin tartılması (Çolak 2014).

### 2.2.3.5. Yüzey Pürüzlülüğü

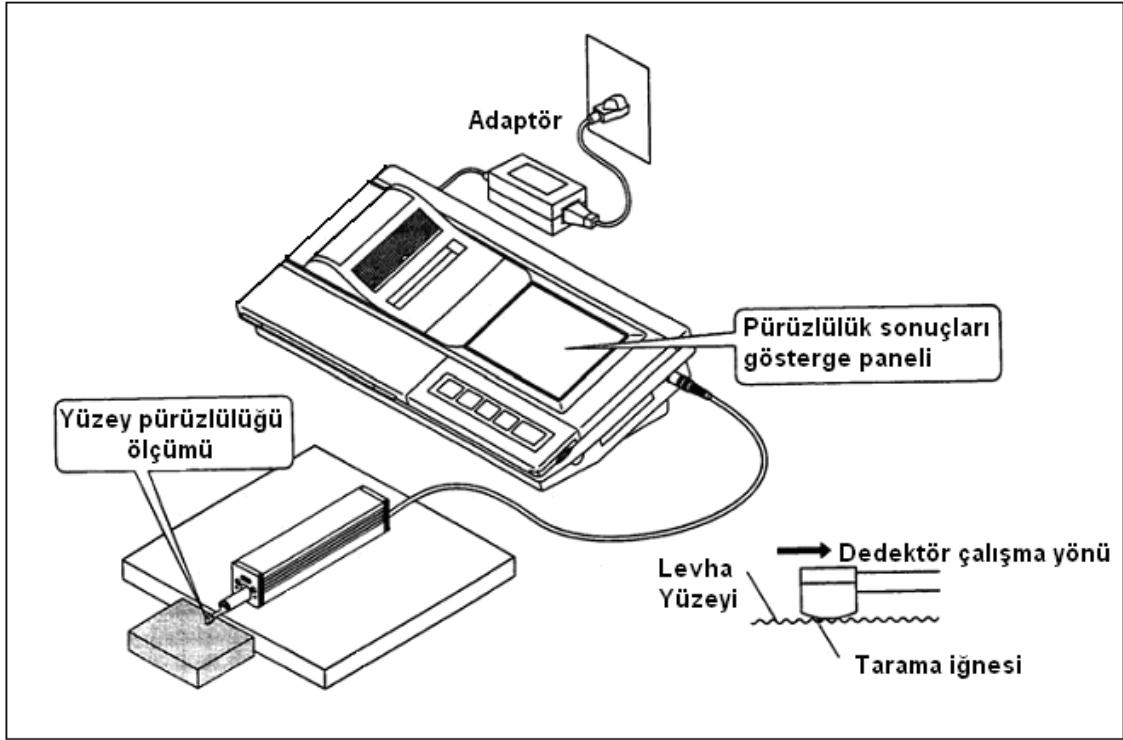
Yüzey pürüzlülüğü, dokunmalı iğneli tarama yöntemi ile ölçüm yapan Mitutoyo SJ-301 marka profilometre kullanılarak belirlenmiştir.



**Şekil 2.8.** Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Test Cihazı (Anonim 2013).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde her bir varyasyon için 40 adet olmak üzere 16×60×500 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ISO 4287/1997 ve DIN 4768/1990 esaslarına uyularak ölçümler her bir ağaç türü, farklı sıcaklık ve saatler için on örnek üzerinde ve her örneğin dört ayrı noktasında radyal yüzeylerde liflere dik yönde yapılmıştır.

Ölçümler, her numunede toplam dört ölçüm yapılmış ve aritmetik ortalamaları değer olarak kaydedilmiştir. Alet ölçme hızı 10 mm/dak, iğne çapı 4 mm ve iğne ucu 900 olarak seçilmiştir. Ölçme liflere dik yönde yapılmış, değerlendirme uzunluğu (tarama uzunluğu)  $L_t=15$  mm, örnekleme uzunluğu (sınır dalga boyu  $\lambda=2,5$  mm seçilerek pürüzlülük değeri  $\pm 0,5$  mm duyarlılıkta belirlenmiştir. Ölçmelerde tarama iğnesinin örnek yüzeylerinde kusurlara (çizik, kesik vb. ) yol açmaması için alet tarama kolu yükü 10 gramdan düşük tutulmuş; tarama iğnesi ucu hücre boşluklarına takıldığında ölçme tekrarlanmıştır. Ölçme ortamı gürültü kaynaklarından uzak tutulmuş, aletin yerleştirildiği masa titreşimleri önleyici yalıtkan bir malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca ortam sıcaklığının 18-22°C arasında olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Test Cihazı (Anonim, 2013).

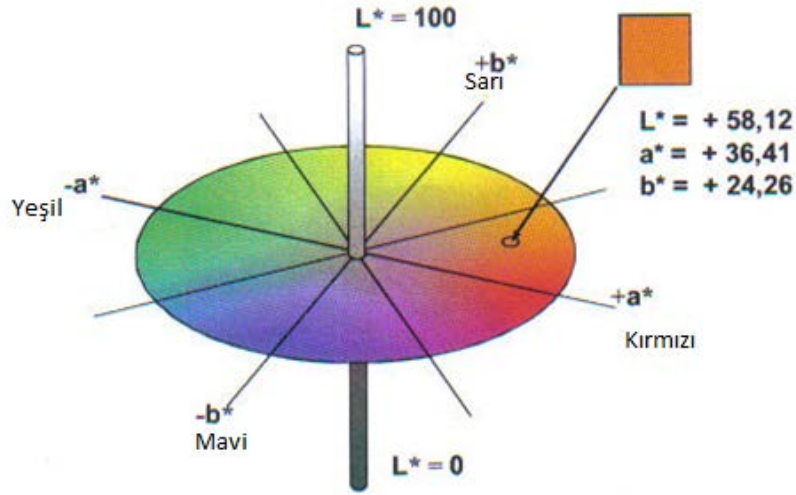
#### 2.2.3.6. Renk Farklılığı

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 2.10’da verilmiştir.





**Şekil 2.10.** CIELab renk sistemine göre  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin belirlenmesi (Anonim 2013b).

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 Konica Minolta Spectrophotometer CM-3600d 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.

İlk 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 örneklerin 144 saat yaşlandırma sonrası renk değerleri tespit edilmiştir.

Ölçme noktası sayısı TS CEN/TS 15679/2010'a göre belirlenerek, her bir test grubuna ait panellerden 2'şer ölçüm olmak üzere bir varvasyon için toplamda 4'er noktadan renk değerleri ölçümü yapılmış olup, ölçümler yaşlandırma uygulamasında kullanılan tutucu açıklığına göre ışığa, 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 4'er adet noktadan renk değerlerine ait ölçümler yapılmıştır.

Renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılan Konica Minolta CM-3600d spectrometer renk ölçme cihazı ile ölçümün resmi Şekil 2.11'de görülmektedir.



**Şekil 2.11.** KONICA MINOLTA Spectrophotometer CM-3600d cihazı ile renk değerlerinin belirlenmesi (Çolak 2014).

İlk olarak kontrol örneğine göre ısı işlem görmüş test örnekleri arasındaki fark hesap edilerek incelenmiştir İkinci olarak yaşlandırma uygulanmamış kontrol örneği, 190°C-2, 212°C-1, 212°C-2 varyasyonları ile 144 saat yaşlandırma uygulanmış kontrol örneği, 190°C-2, 212°C-1, 212°C-2 varyasyonları arasındaki renk farkı hesap edilerek irdelenmiştir.

Belirlenen renk değerlerinden toplam renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ), ISO 7724-3/1984'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (2.7). Burada  $\Delta$ , 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;

$\Delta E^*$  : Isıl işlem sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk farklılığını,

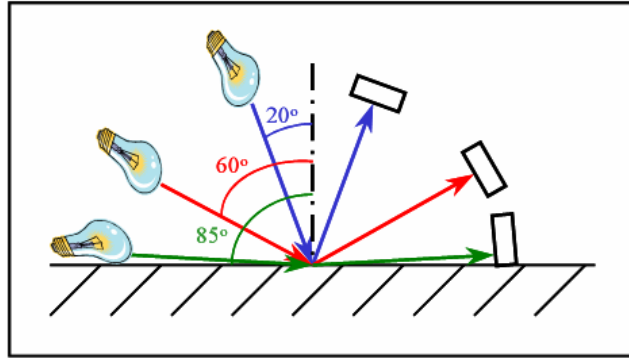
$\Delta L^*$  : Siyah-beyaz renk değişimini,

$\Delta a^*$  : Kırmızı-yeşil renk değişimini,

$\Delta b^*$  : Sarı-mavi renk değişimini, ifade etmektedir.

### 2.2.3.7. Parlaklık

Parlaklık kavramı; yüzeye gelen ışığın ne oranda aynı açıyla yansıdığı 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 yeğnlik oranını ölçmek biçiminde yapılır. Parlaklık ölçümünün şematik görünümü şematik görünüşü Şekil 2.12’de verilmiştir (Çakıcıer 2007).



**Şekil 2.12.** Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi (McCormick ve Tas 1999; Çakıcıer 2007).

60°’de yapılan parlaklık ön ölçümler sonrası esas ölçüm açısı belirlenir (Çizelge 2.2). 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 2.2.** 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenmesi (McCormick ve Tas 1999; Çakıcıer 2007).

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 mercek sistemi, 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±2°C ve %65±5 bağıl nemde bekletilen kontrol örnekleri ile ısı işlem görmüş test örneklerinin parlaklık değerleri belirlenmiştir. 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.

#### **2.2.4. Çürüklük Mantarlarına Karşı Dayanıklılık Özelliklerin Belirlenmesi**

##### *2.2.4.1. Araştırmada Kullanılan Malzemelerin Temini ve Çürüklük Deneyi*

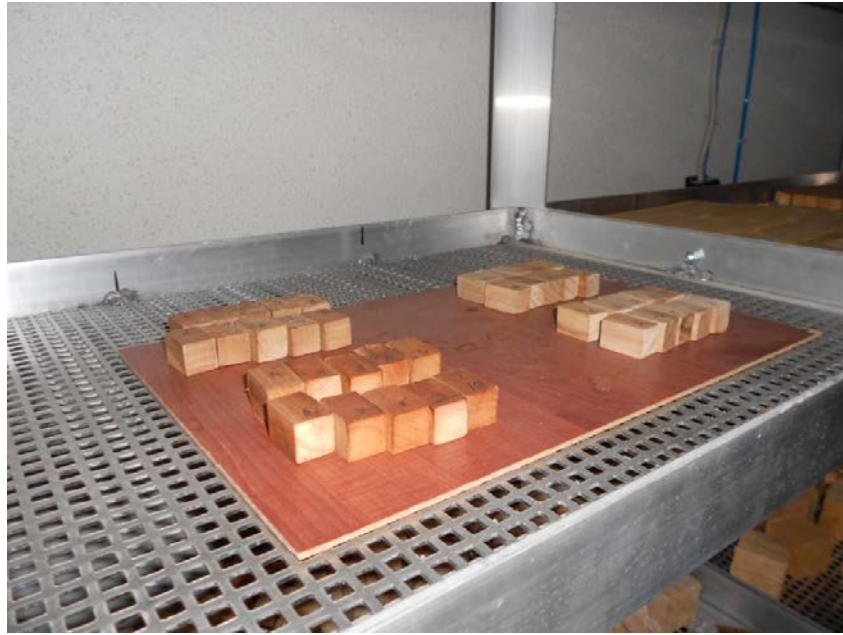
Çürüklük testleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, Odun Mikrobiyolojisi ve Koruma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan yöntem kapsamında steril kabin, otoklav, etüv, hassas terazi,

inkübatör cihazları ile malt ekstrakt agar, toprak, kültür şişeleri vb. sarf malzemeler kullanılmıştır.

Araştırmada ilgili laboratuvarın mantar koleksiyonunda yer alan esmer çürüklük mantarlarından *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard (Mad-698-R) ve *Gloeophyllum trabeum* (Pers.:Fr.) Murrill (Mad-617-R) ile beyaz çürüklük mantarları *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilát (COV 1030) ve *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) P. Kumm. (PLO 9669) kullanılmıştır.

#### 2.2.4.1.1. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada ASTM (American Standard Testing Methods)-1413/1991 ve AWP (American Wood Protection Association) E10-91 Standartları esas alınmıştır. Örnekler ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş 2 yerli (Kestane ve Akçaağaç), 2 egzotik (Sapelli ve Iroko) odun örnekleri ile kontrol (ısı işlem uygulanmamış) örneklerinden 19×19×19 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Örneklerin sağlam, düzgün lifli, budaksız olmasına, üzerinde küflenme, renklenme ve odun çürüklüğü bulunmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra, 20±2 °C sıcak ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilen örneklerin T<sub>1</sub> ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 2.13. Örneklerin klima odasında bekletilmesi (Çolak 2014).

#### 2.2.4.2. Mantar Denemeleri

Hazırlanan odun bloklarının çürüklük testlerinde ASTM D-1413/1991 standardı esas alınmıştır.

##### 2.2.4.2.1. Mantar Kültürleri ve Besleme Levhalarının Hazırlanması

Denemelerde kullanılacak ThermoWood metoduna göre ısıtılmış 2 yerli (Kestane ve Akçaağaç), 2 egzotik (Sapelli ve Iroko) odun örnekleri ile kontrol (ısıtılmış uygulanmamış) örneklerinin mantar etkisine bırakılması için, malt-agar besin ortamında mantar kültürleri geliştirilmiştir. Bu amaçla 45 g malt ekstrakt-agar bir kaba konularak üzerine 1000 ml destile su eklenerek iyice karıştırılmıştır (ASTM D-1413/1991). Daha sonra otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilize işlemi yapılan besin ortamı steril petri kaplarına aktarılmış, petri kapları soğuduktan sonra hazır bulunan mantar kültürlerinden petri kaplarına aşılama yapılmıştır.

Besleme levhaları, sarıçam ve kayın diri odunundan 3(T) x 29(R) x 35(B) mm boyutlarında hazırlanmış ve 20±2°C sıcaklık ve % 65±5 bağıl neme sahip klima odasında bekletilmiştir.



Şekil 2.14. Petri kabında mantar kültürü (Çolak 2014).



#### 2.2.4.2.2. Toprağın Hazırlanması

ASTM-1413/1991 standardına göre, denemelerde kullanılacak toprağın su tutma kapasitesi %20-40 ve pH'sının 5.0-8.0 olması gerekmektedir. Toprağın su tutma kapasitesinin tayini için Özyuvacı (1976)'dan yararlanılmış ve aşağıda verilen eşitliğe göre toprağın su tutma kapasitesi hesaplanmıştır:

$$\text{Su Tutma Kapasitesi \%} = [(\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Kuru Ağırlık}] \times 100 \quad (2.8)$$

Toprağın pH derecesinin tayininde, TSE 8833/1990 dikkate alınmıştır. Buna göre, erlenmayer içine 10 g ince toprak örneği tartılmış, üzerine kaynatılarak CO<sub>2</sub>'i uçurulmuş ve soğutulmuş 25 ml destile su eklenmiştir. Erlenmayerin ağzı, lastik bir tıpa ile kapatılarak üst kısmına toprak bulaşmayacak şekilde hafifçe sallandıktan sonra bir gece bekletilmiş ve pH metre ile ölçüm yapılmıştır. Toprağın su tutma kapasitesi ve pH'sının uygunluğu kontrol edildikten ve toprak içindeki yabancı maddeler temizlendikten sonra porselen kaplar içinde yine porselen çekiçlerle dövülerek elenecek duruma getirilmiştir. ASTM-2017'ye göre 0,51 ve 0,30 cm'lik eleklerden elenerek kapalı kaplar içinde muhafaza edilmiştir.

#### 2.2.4.2.3. Deneme Şişelerinin Hazırlanması

Denemelerde, ASTM 1413/1991'de belirtilen, iç hacmi 225 cm<sup>3</sup> ve ağız çapı en az 32mm olan köşeli şişeler kullanılmıştır (Şekil 2.15). Standarda (ASTM-2017)'ye göre, şişe içine konacak toprakta bulunması gereken su yüzdesi, toprağın su tutma kapasitesinin %130'u olmalıdır. Bunun için her şişeye konacak miktar kadar hava kuru toprak tartılmış ve bu toprak 12 saat süreyle bir fırında 105°C'ye kadar kurutulmuş ve tam kuru hale gelen toprağın ağırlığı bulunarak, hava kuru topraktaki rutubet miktarı hesaplanmıştır. Şişeye eklenecek su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur:

$$\text{İlave Edilecek Su miktarı, g} = (1,30 \times A - B) \times D / (100 + B) \quad (2.9)$$

Bu eşitlikte;

A= Su tutma kapasitesi (%)

B=Hava kuru toprağın rutubet miktarı (%)

D= Test şişesine konacak toprağın hava kuru ağırlığı (g)



**Şekil 2.15.** Deneme şişelerine besleme levhalarının yerleştirilmesi (Çolak 2014)

Mantarların geliştirilmesi sürecinde, bir huni yardımıyla yaklaşık 135g toprak ve belirlenen miktarda destile su her bir şişeye eklenmiştir. Şişe daha sonra, toprak yüzeyi ıslatılmadan şişeler hafifçe sallanıp, üzerine besleme levhası yerleştirilmiştir. Hazırlanan şişeler daha sonra kapakları gevşek şekilde otoklavda 103kPa basınç ve 121°C’de 30 dakika sterilize edilmiştir. Sterilize işlemi bittikten sonra, otoklavdan çıkarılan şişelerin kapakları sıkıca kapatılarak aşılama işlemine hazır hale getirilmiştir.





**Şekil 2.16.** Otoklavda sterilize işlemi (Çolak 2014).

#### *2.2.4.2.4. Aşılama İşlemi*

Steril kabin içerisinde, 2.2.4.2.1. nolu başlık altında nasıl hazırlandığı açıklanan ve en fazla 7 günlük olan mantar kültürlerinden besin ortamı ile birlikte petri kaplarından  $1\text{cm}^2$ 'lik büyüklükte parçalar alınıp, şişe içerisindeki besleme levhalarının kenarlarına yerleştirilmiştir. Bu işlemler sırasında kullanılan aletlerin sterilize edilmesi için alkol ocağı kullanılmıştır. Aşılama işlemi bittikten sonra, şişe kapakları gevşek duruma getirilerek  $26.7\pm 1.1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ve  $\%70\pm 4$  bağıl nemdeki inkübasyon odasında besleme levhalarının üzeri tamamen mantar miselleri ile kaplanıncaya kadar (yaklaşık 3 hafta) bekletilmiştir.

#### *2.2.4.2.5. Odun Örneklerinin Şişelere Yerleştirilmesi*

Isıl işlem görmüş ve ısıl işlem görmemiş kontrol örnekleri hava kurusu hale getirilmiş ve  $0,01\text{g}$  hassasiyetle ağırlıkları tespit edildikten sonra petri kapları içerisinde  $100^\circ\text{C}$ 'de 20 dakika otoklavda sterilize edilmiştir. Bu işlem sonrasında her şişedeki besleme levhaları üzerine, enine kesit yüzeyleri aşağı bakacak şekilde 2'şer örnek konmuştur. Daha sonra test şişeleri kapakları gevşek şekilde sıcaklığı  $26.7\pm 1.1^\circ\text{C}$  ve bağıl nemi  $\%70\pm 4$  olan inkübasyon odasına yerleştirilmiştir.



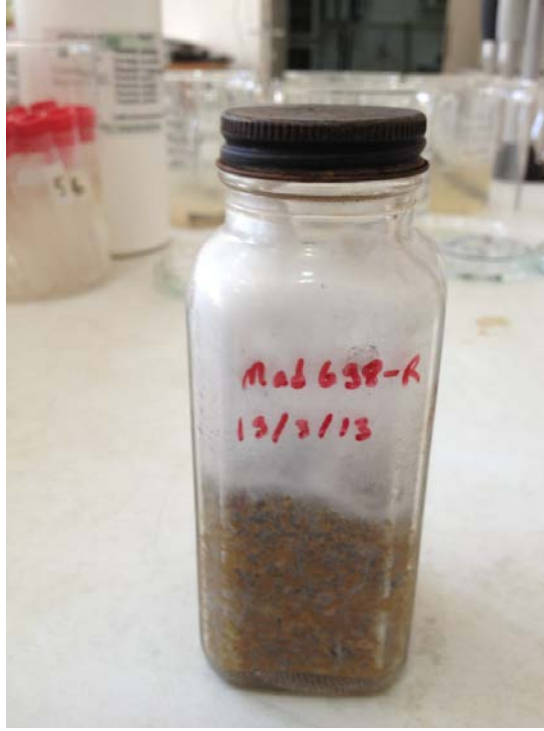
**Şekil 2.17.** Odun örneklerinin şişere yerleştirilmesi (Çolak 2014).



**Şekil 2.18.** İnkübasyon Kabini (Çolak 2014).

#### 2.2.4.2.6. Mantar Denemelerinin Sonlandırılması ve Ağırlık Kayıplarının Belirlenmesi

12 hafta olarak seçilen deneme süresi sonunda, odun blokları şişelerden çıkartılmış ve örneklerin yüzeylerindeki mantar miselleri dikkatlice fırçayla temizlenmiştir. Daha sonra örnekler  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  bağıl neme sahip klima odasında değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilmişlerdir.



**Şekil 2.19.** Mantar denemelerinde kullanılan kültür şişesi (Çolak 2014).

Daha sonra, 0,01g hassasiyetle tartılarak deneme numunelerinin  $T_2$  ağırlıkları bulunmuştur. Deneme örneklerinin ağırlık kayıplarının hesaplanmasında, tespit edilen  $T_1$  ve  $T_2$  ağırlıklarından yararlanılarak aşağıda belirtilen eşitliğe göre her bir örneğin % ağırlık kaybı hesaplanmıştır (ASTM D-1413/1991).

$$\text{Ağırlık Kaybı, \%} = [(T_1 - T_2) / T_1] \times 100 \quad (2.10)$$

Bu eşitlikte,

$T_1$ : Klima odasında kondisyonlanmış örnek ağırlığı (g),

$T_2$ : Biyolojik performans testinden sonra kondisyonlanmış örnek ağırlığı (g)'ni göstermektedir.



**Şekil 2.20.** Örneklerin desikatörde bekletilmesi (Çolak 2014).



**Şekil 2.21.** Örneklerin hassas terazide tartılması (Çolak 2014).



**Şekil 2.22.** Mantar denemelerinden sonra odun bloklarının görünüşü (Çolak 2014).

### 2.2.5. Değişim Oranlarının Hesaplanması

Başlangıç değerleri ile son değerler arasındaki değişim oranlarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (2.11);

$$D_o = \frac{K_{\ddot{o}} - S_{\ddot{o}}}{K_{\ddot{o}}} \times 100 \text{ (\% değişim)} \quad (2.11)$$

$D_o$  : Değişim oranı (%)

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

$S_{\ddot{o}}$  : Son ölçüm değeri

### 2.2.6. 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 hangi etmenlerden kaynaklandığını belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur.



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

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 %95 güven düzeyinde verilmiştir.

Varyasyonların ifadesinde ise şu kısaltmalar kullanılmıştır;

KÖ: Kontrol örnekleri, 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 TARTIŞMA

##### 3.1.1. Yoğunluk

###### 3.1.1.1. Tam Kuru Yoğunluk

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

**Çizelge 3.1.** Kestane odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.470	0.028	0.422	0.517
190	2	0.423	0.031	0.365	0.481
212	1	0.424	0.054	0.373	0.577
212	2	0.410	0.045	0.320	0.479

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.

Kestane odununda, ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği tam kuru yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,470 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,410 (gr/cm<sup>3</sup>) 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.** Kestane odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.166	96	0.002		
Gruplar arası	0.051	3	0.017	9.819	0.000
Toplam	0.216	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş test örneğinin tam kuru yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

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

**Çizelge 3.3.** Kestane odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.470	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.04692	190 2-212 1	-0.00116
190	2	0.423	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*0.04576	190 2-212 2	0.01228
212	1	0.424	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.05920	212 1-212 2	0.01344
212	2	0.410	<b>a</b>				

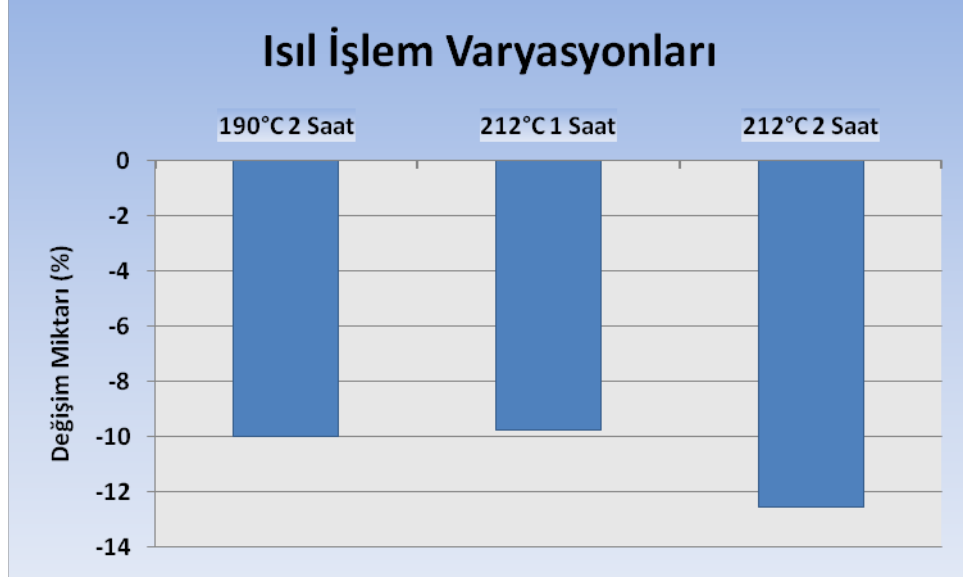
(\*)  $P \leq 0.05$  düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu

Isıl işlem sonrası tam kuru yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren varyasyonları belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile ısıl işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, tam kuru yoğunluk tüm ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 212°C

sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,059 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde olmak üzere 0,045 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3).



**Şekil 3.1.** Isıtım işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Akçağaç odununda ısıtım işlem uygulaması sonucu belirlenen tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.4'te birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Akçağaç odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.600	0.033	0.535	0.653
190	2	0.615	0.062	0.534	0.795
212	1	0.580	0.043	0.523	0.666
212	2	0.581	0.054	0.521	0.698

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

Akçağaç odununda, ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği tam kuru yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk 190°C 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,615 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,580 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.



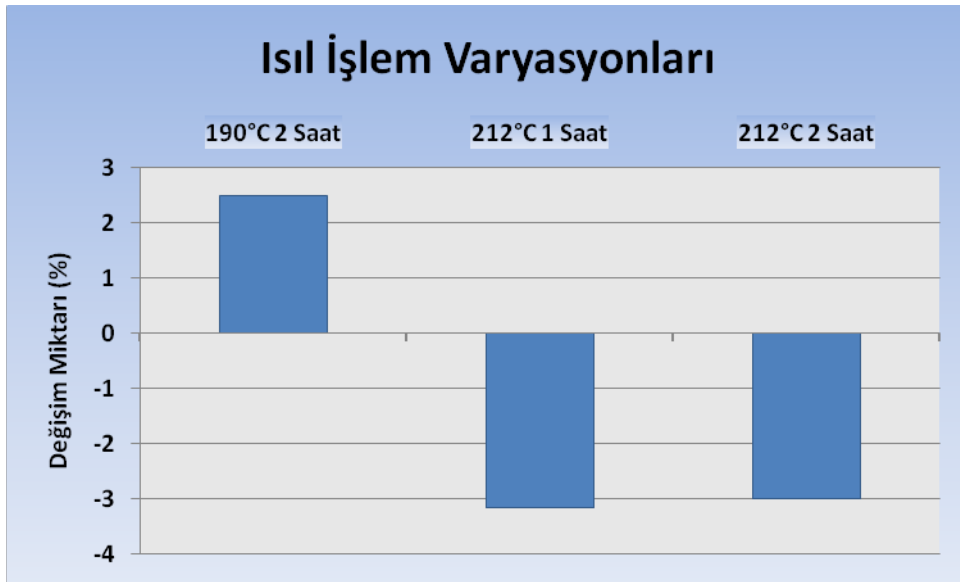
Isıl işlem sonrasında tam kuru yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.5’te verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Akçağaç odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Akçağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.237	96	0.002		
Gruplar arası	0.020	3	0.007	2.708	0.049
Toplam	0.257	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş test örneğinin tam kuru yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunamamıştır.



**Şekil 3.2.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçağaç odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Iroko odununda ısıl işlem uygulaması sonucu belirlenen tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.6’da birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Iroko odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.621	0.036	0.514	0.678
190	2	0.590	0.053	0.484	0.703
212	1	0.604	0.043	0.541	0.698
212	2	0.562	0.059	0.499	0.705

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.

Iroko odununda, ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği tam kuru yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,621 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,562 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında tam kuru yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.7’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Iroko odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Iroko Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.231	96	0.002		
Gruplar arası	0.048	3	0.016	6.592	0.000
Toplam	0.279	99			

(\*) P≤0.05

Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş test örneğinin tam kuru yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve varyasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.8’de verilmiştir.

**Çizelge 3.8.** Iroko odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

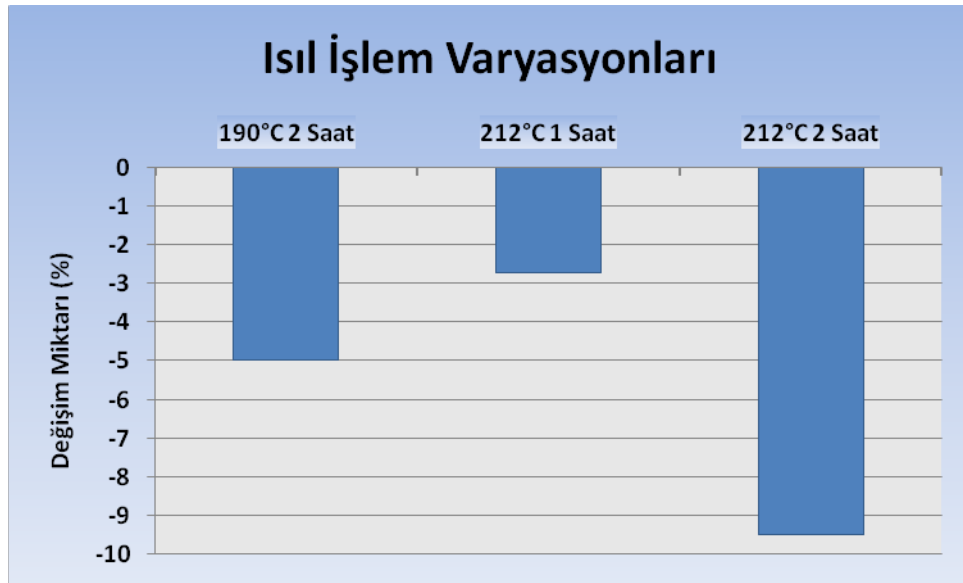
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.621	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.03112	190 2-212 1	-0.01376
190	2	0.590	<b>ab</b>	KÖ - 212 1	0.01736	190 2-212 2	0.02852
212	1	0.604	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*0.05964	212 1-212 2	*0.04228
212	2	0.562	<b>a</b>				

(\*) P≤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, kontrol örneği ile ısıtılmış test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, tam kuru yoğunluk tüm ısıtılmış test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıtılmış test örneğinde 0,059 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıtılmış test örneğinde olmak üzere 0,017 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.8).



**Şekil 3.3.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Sapelli odununda ısıtılmış uygulama sonucu belirlenen tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.9’da birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.9.** Sapelli odunu tam kuru yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.623	0.751	0.515	0.724
190	2	0.571	0.315	0.504	0.622
212	1	0.612	0.304	0.573	0.682
212	2	0.605	0.337	0.552	0.661

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.

Sapelli odununda, ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği tam kuru yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,623 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 190°C ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,571 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

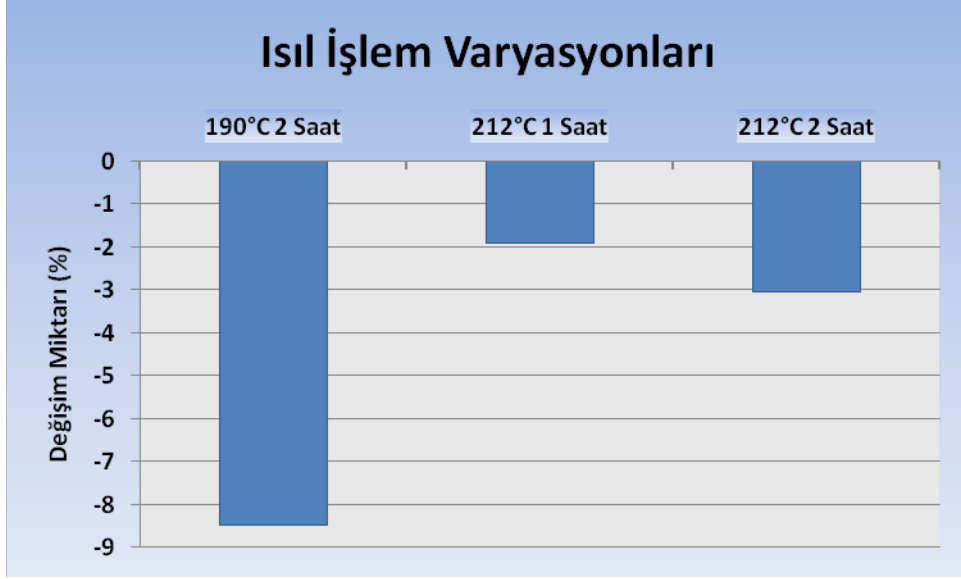
Isıl işlem sonrasında tam kuru yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

**Çizelge 3.10.** Sapelli odunu tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.209	96	0.002		
Gruplar arası	0.038	3	0.013	5.826	0.001
Toplam	0.247	99			

(\*) P≤0.05

Tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş test örneğinin tam kuru yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur.



**Şekil 3.4.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu tam kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Akçaağaç odunu 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneği haricinde, ısıl işlem Kestane, Akçaağaç, Iroko ve Sapelli odunlarında tam kuru yoğunluğu azaltmıştır. Isıl işlem ile birlikte Kestane odununun ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim tam kuru yoğunluk için 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde %12,55 (Şekil 3.1.), Akçaağaç odununun ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim tam kuru yoğunluk için 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde %3,16 (Şekil 3.2.), Iroko odununun ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim tam kuru yoğunluk için 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde %9,50 (Şekil 3.3.), Sapelli odununun ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim tam kuru yoğunluk için 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde %8,49 (Şekil 3.4.) olarak gerçekleşmiştir.

#### 3.1.1.2. Hava Kuru Yoğunluk

Kestane odununda ısıl işlem uygulaması sonucu belirlenen hava kuru yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.11’de birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.11.** Kestane odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.507	0.038	0.425	0.573
190	2	0.443	0.031	0.391	0.508
212	1	0.456	0.068	0.382	0.645
212	2	0.394	0.055	0.337	0.560

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

Kestane odununda ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği hava kurusu yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,507 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,394 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında hava kurusu yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.12’de verilmiştir.

**Çizelge 3.12.** Kestane odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.245	96	0.003		
Gruplar arası	0.163	3	0.54	21.254	0.000
Toplam	0.407	99			

(\*) P≤0.05

Hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem görmüş test örneğinin hava kurusu yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve kombinasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.13’te verilmiştir.

**Çizelge 3.13.** Kestane odunu hava kuru yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

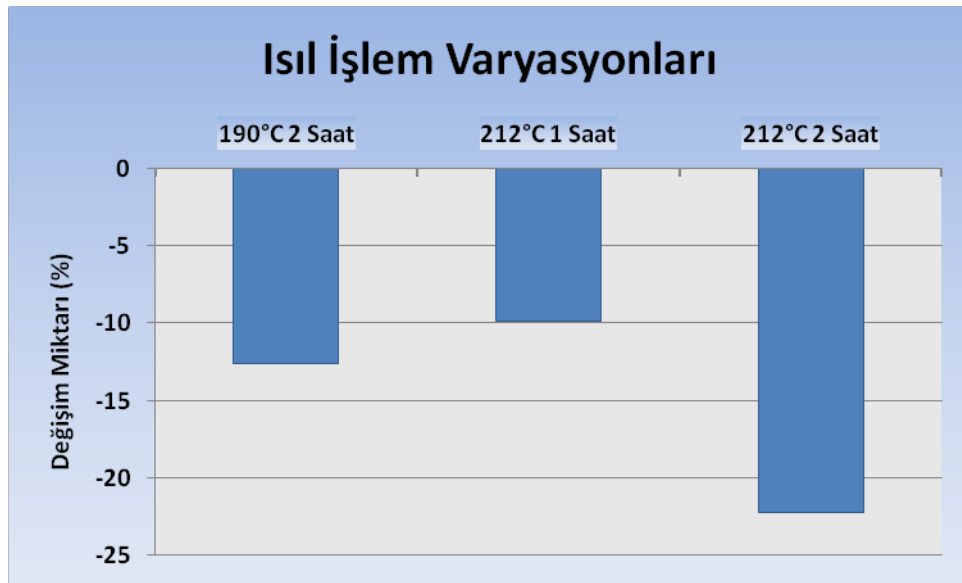
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.507	c	KÖ - 190 2	*0.06392	190 2-212 1	-0.01332
190	2	0.443	b	KÖ - 212 1	*0.05060	190 2-212 2	*0.04932
212	1	0.456	b	KÖ - 212 2	*0.11324	212 1-212 2	*0.06264
212	2	0.394	a				

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

Isıl işlem sonrası hava kuru yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren varyasyonları belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile ısı işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, hava kuru yoğunluk tüm ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 212°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde 0,113 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısı işlem görmüş test örneğinde olmak üzere 0,050 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.13).



**Şekil 3.5.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu hava kuru yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Akçağaç odununda ısıtım işlem uygulaması sonucu belirlenen hava kuru su yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.14'te birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.14.** Akçağaç odunu hava kuru su yoğunluğuna ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.620	0.039	0.543	0.674
190	2	0.624	0.049	0.547	0.702
212	1	0.584	0.038	0.542	0.719
212	2	0.565	0.035	0.535	0.701

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

Akçağaç odununda ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği hava kuru su yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk 190°C ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,624 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,565 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

Isıtım işlem sonrasında hava kuru su yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.15'te verilmiştir.

**Çizelge 3.15.** Akçağaç odunu hava kuru su yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Akçağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.161	96	0.002		
Gruplar arası	0.062	3	0.021	12.375	0.000
Toplam	0.224	99			

(\*) P≤0.05

Hava kuru su yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtım işlem görmüş test örneğinin hava kuru su yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve kombinasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.16'da verilmiştir.



**Çizelge 3.16.** Akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

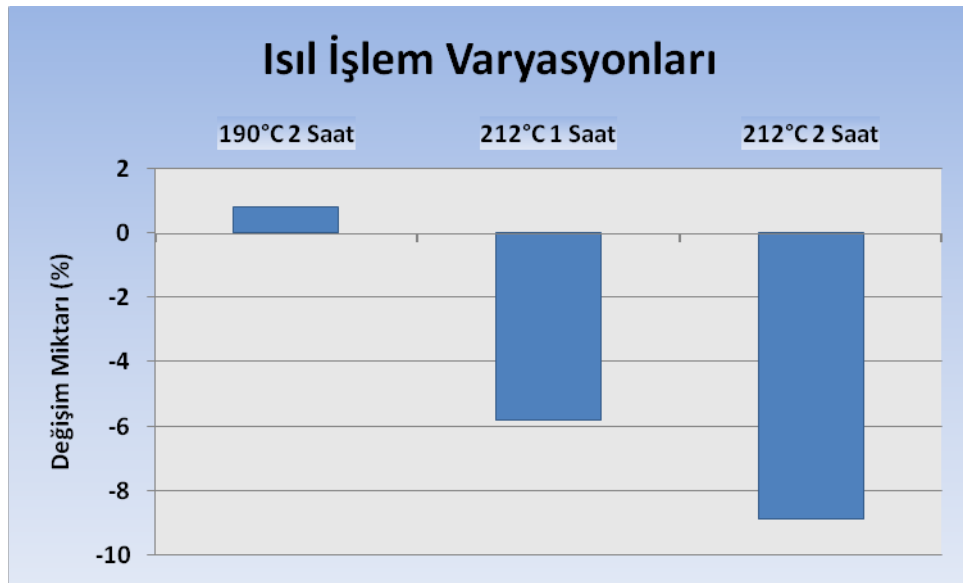
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.620	<b>b</b>	KÖ - 190 2	-0.00436	190 2-212 1	*0.04068
190	2	0.624	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*0.03632	190 2-212 2	*0.05972
212	1	0.584	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.05536	212 1-212 2	0.01904
212	2	0.565	<b>a</b>				

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

Isıl işlem sonrası hava kurusu yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren varyasyonları belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile ısı işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, hava kurusu yoğunluk tüm ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 212°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde 0,055 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısı işlem görmüş test örneğinde olmak üzere 0,036 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.16).



**Şekil 3.6.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Iroko odununda ısıtım işlem uygulaması sonucu belirlenen hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.17’de birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.17.** Iroko odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.663	0.036	0.597	0.729
190	2	0.582	0.039	0.519	0.684
212	1	0.636	0.028	0.549	0.683
212	2	0.585	0.045	0.518	0.713

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

Iroko odununda ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği hava kurusu yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,663 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 212°C ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,585 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

Isıtım işlem sonrasında hava kurusu yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.18’de verilmiştir.

**Çizelge 3.18.** Iroko odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Iroko odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.140	96	0.001		
Gruplar arası	0.118	3	0.039	26.793	0.000
Toplam	0.258	99			

(\*) P≤0.05

Hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtım işlem görmüş test örneğinin hava kurusu yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve kombinasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.19’da verilmiştir.

**Çizelge 3.19.** Iroko odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

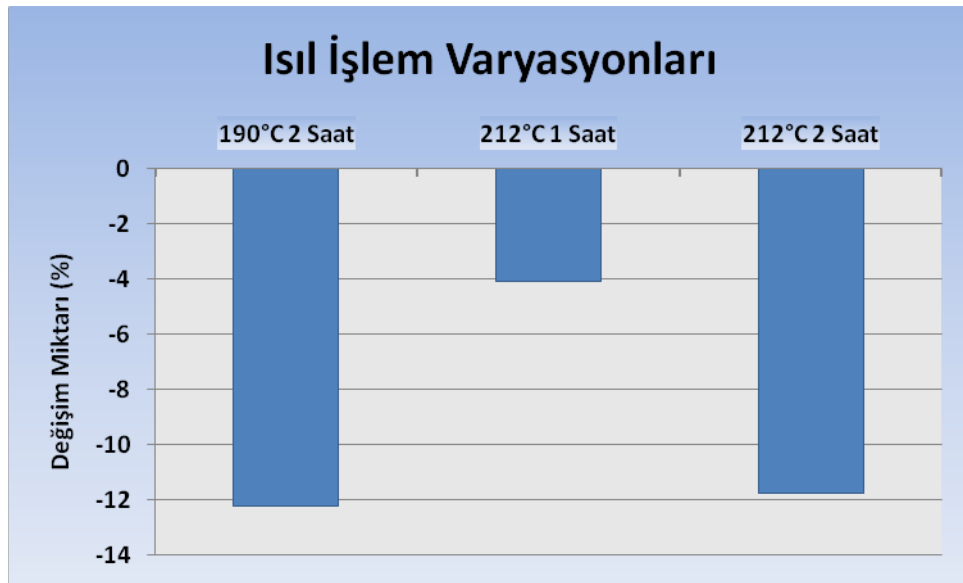
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.663	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.08072	190 2-212 1	*-0.05408
190	2	0.582	<b>a</b>	KÖ - 212 1	0.02664	190 2-212 2	-0.00296
212	1	0.636	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*0.07776	212 1-212 2	*0.05112
212	2	0.585	<b>a</b>				

(\*)  $P \leq 0.05$  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, kontrol örneği ile ısıl işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat, varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, hava kurusu yoğunluk tüm ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,080 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde olmak üzere 0,026 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.19).



**Şekil 3.7.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Sapelli odununda ısıtım işlem uygulaması sonucu belirlenen hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin istatistik değerler Çizelge 3.20’de birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.20.** Sapelli odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin istatistikler.

T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	SS	ED	EY
KÖ	-	0.674	0.090	0.524	0.770
190	2	0.574	0.031	0.531	0.634
212	1	0.629	0.026	0.584	0.691
212	2	0.619	0.027	0.559	0.655

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

Sapelli odununda ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği hava kurusu yoğunluk değerleri arasında en yüksek yoğunluk kontrol örneğinde 0,674 (gr/cm<sup>3</sup>), en düşük yoğunluk 190°C ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0,574 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir.

Isıtım işlem sonrasında hava kurusu yoğunluk değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.21’de verilmiştir.

**Çizelge 3.21.** Sapelli odunu hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	0.256	96	0.003		
Gruplar arası	0.125	3	0.042	15.663	0.000
Toplam	0.381	99			

(\*) P≤0.05

Hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin olarak elde edilen BVA sonuçlarına göre, farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtım işlem görmüş test örneğinin hava kurusu yoğunlukları ile kontrol örneğinin yoğunlukları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi yapılan duncan testi ve kombinasyonlar arasındaki etkileşim değerleri Çizelge 3.22’de verilmiştir.

**Çizelge 3.22.** Sapelli odunu hava kurusu yoğunluğa ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

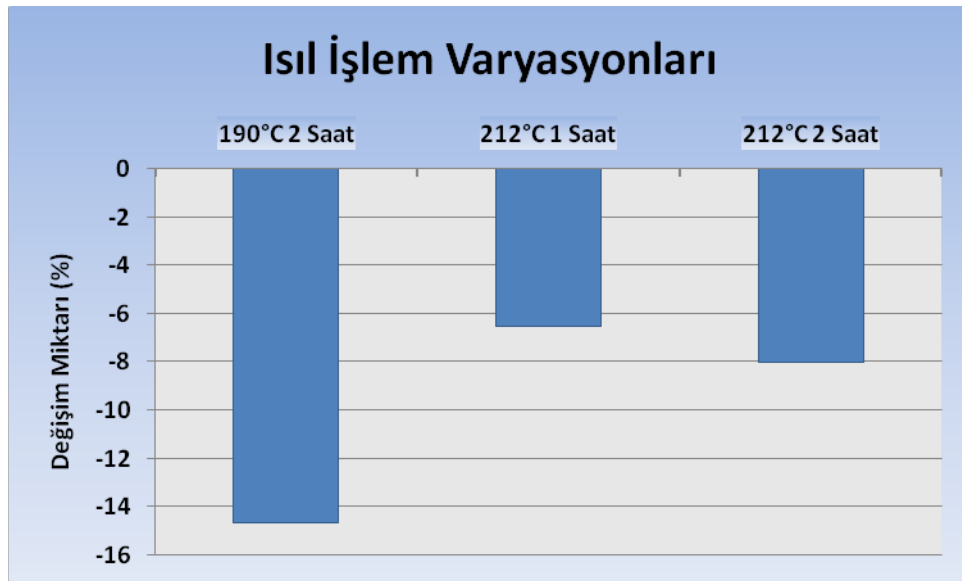
Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	0.674	c	KÖ - 190 2	*0.09956	190 2-212 1	*-0.05516
190	2	0.574	a	KÖ - 212 1	*0.04440	190 2-212 2	*-0.04520
212	1	0.629	b	KÖ - 212 2	*0.05436	212 1-212 2	0.00996
212	2	0.619	b				

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

Isıl işlem sonrası hava kurusu yoğunluk değerleri arasında farklılık gösteren varyasyonları belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile ısı işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları arasında kendi içlerinde fark belirlenmemiştir.

Etkileşim sonuçlarına göre, hava kurusu yoğunluk tüm ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalmış olup, kontrol örneğine göre en fazla azalma 190°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde 0,099 (gr/cm<sup>3</sup>), en küçük ise 212°C sıcaklık ve 1 saat ısı işlem görmüş test örneğinde olmak üzere 0,044 (gr/cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.22).



**Şekil 3.8.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu hava kurusu yoğunluk değerlerindeki değişim (%).

Akçaağaç odunu 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneği haricinde, ısıtım işlem kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunlarında hava kurusu yoğunluğu azaltmıştır. Isıtım işlem ile birlikte kestane odununun ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim hava kurusu yoğunluk için 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde %22,28 (Şekil 3.5.), akçaağaç odununun ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim hava kurusu yoğunluk için 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde %8,87 (Şekil 3.6.), iroko odununun ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim hava kurusu yoğunluk için 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde %12,21 (Şekil 3.7), sapelli odununun ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük değişim hava kurusu yoğunluk için 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde %14,68 (Şekil 3.8) olarak gerçekteşmiştir.

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

Çalıova (2011), ısıtım işleme tabi tuttuğu ladin ve kızılağaç odunları ısıtım işlem görmüş test örneğinde hava kurusu yoğunluğuğun kontrol örneklerine göre azaldığını, her iki ağaç türünde de en yüksek azalmanın ısıtım işleminde kullanılan en yüksek sıcaklık değeri olan 212°C sıcaklıkta gerçekteştiğini ifade etmiştir. Bu sıcaklıkta, ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre kızılağaç odununda %5,59, ladin odununda %4,70 oranında azalma bulmuştur.

Sefil (2010), Doğu kayını ve Uludağ göknarına ısıtım işlem uygulamış olduğu çalışmasında ısıtım işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak hava kurusu 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 gerçekteştiğini 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 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

Kestane odununda ısı işlem sonrasında ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen daralma miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.23'te verilmiştir.

**Çizelge 3.23.** Kestane odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ (%)	SS	ED	EY
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	11.13	1.75	7.89	12.72
	190	2	7.68	1.39	5.52	11.12
	212	1	6.19	1.06	4.46	8.68
	212	2	4.90	0.76	3.78	6.68
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	5.75	1.25	3.26	7.87
	190	2	4.58	0.90	2.93	6.27
	212	1	2.81	0.89	1.45	5.39
	212	2	2.35	0.69	1.23	3.53
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	5.27	1.38	3.17	7.57
	190	2	2.91	1.04	1.64	4.85
	212	1	3.30	0.75	0.86	4.45
	212	2	2.42	0.68	1.25	4.04
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.10	0.14	0.01	0.67
	190	2	0.18	0.15	0.01	0.57
	212	1	0.08	0.07	0.007	0.25
	212	2	0.12	0.06	0.01	0.30

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 3.23), kestane odununda ısı işlem sonrası ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %11,13, %5,75 ve %5,27, ısı işlem sonrası ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda boyuna yönde olmak üzere %0,18, en düşük daralma



miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %4,90, %2,35 ve %2,42, en düşük daralma miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda boyuna yönde %0,08 olarak belirlenmiştir.

Isıtıl işlem sonrasında daralma miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.24'te verilmiştir.

**Çizelge 3.24.** Kestane odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	162.544	96	1.693		
Gruplar arası	541.498	3	180.499	106.605	0.000
Toplam	704.042	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.25'te verilmiştir.

**Çizelge 3.25.** Kestane odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	11.13	<b>d</b>	KÖ - 190 2	*3.45388	190 2-212 1	*1.48268
	190	2	7.68	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*4.93656	190 2-212 2	*2.77368
	212	1	6.19	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*6.22756	212 1-212 2	*1.29100
	212	2	4.90	<b>a</b>				
Teğet Yön	KÖ	-	5.75	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*1.17768	190 2-212 1	*1.77056
	190	2	4.58	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*2.94824	190 2-212 2	*2.22472
	212	1	2.81	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*3.40240	212 1-212 2	0.45416
	212	2	2.35	<b>a</b>				
Radyal Yön	KÖ	-	5.27	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*2.35668	190 2-212 1	-0.39424
	190	2	2.91	<b>ab</b>	KÖ - 212 1	*1.96244	190 2-212 2	0.48904
	212	1	3.30	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*2.84572	212 1-212 2	*0.88328
	212	2	2.42	<b>a</b>				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.10	<b>ab</b>	KÖ - 190 2	-0.08072	190 2-212 1	*0.10620
	190	2	0.18	<b>b</b>	KÖ - 212 1	0.02548	190 2-212 2	0.05992
	212	1	0.08	<b>a</b>	KÖ - 212 2	-0.02080	212 1-212 2	-0.04628
	212	2	0.12	<b>ab</b>				

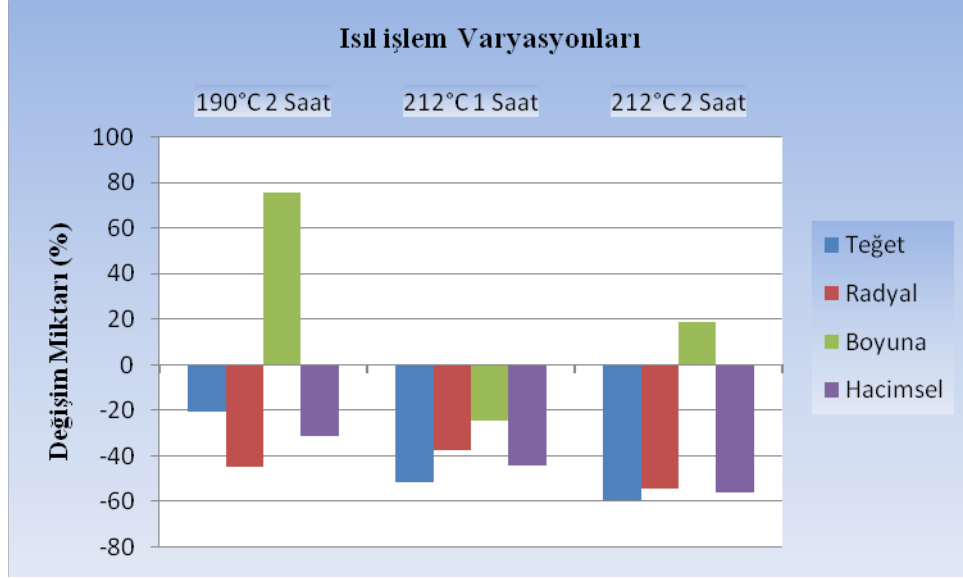
(\*)  $P \leq 0.05$  düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön daralma miktarlarında ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre teğet yönde; 212°C 1 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, radyal yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, boyuna yönde; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 6.227 (%55,91), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 3.402 (%59,07), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.845 (%53,97), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.025 (%24,52) olarak,

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 3.453 (%31,01), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.177 (%20,45), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.962 (%37,22), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.025 (%24,52) olarak belirlenmiştir (Çizelge 25).



**Şekil 3.9.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu daralma miktarındaki değişim (%).

Akçağaç odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen daralma miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.26'da verilmiştir.

**Çizelge 3.26.** Akçağaç odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ (%)	SS	ED	EY
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	12.44	0.82	11.01	14.07
	190	2	9.75	0.64	8.17	10.95
	212	1	7.99	0.86	6.66	9.76
	212	2	6.60	0.66	5.54	7.98
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	6.45	0.61	4.40	7.37
	190	2	4.90	0.69	3.90	6.52
	212	1	3.86	0.79	2.44	5.07
	212	2	3.21	0.44	2.49	4.48
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	5.74	0.64	5.00	7.10
	190	2	4.73	0.54	3.66	5.82
	212	1	4.01	0.51	2.92	4.79
	212	2	3.24	0.65	2.50	4.53
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.24	0.24	0.01	1.06
	190	2	0.11	0.11	0.01	0.39
	212	1	0.11	0.14	0.003	0.56
	212	2	0.13	0.12	0.01	0.47

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 3.26), Akçaağaç odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %12,44, %6,45, %5,74 ve %0,24, en düşük daralma miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %6,60, %3,21 ve %3,24, en düşük daralma miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 190°C sıcaklık ve 2 saat, 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda boyuna yönde %0,11 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında daralma miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.27’de verilmiştir.

**Çizelge 3.27.** Akçaağaç odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Akçaağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	54.787	96	0.571		
Gruplar arası	474.906	3	158.302	277.381	0.000
Toplam	529.694	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.28’de verilmiştir.

**Çizelge 3.28.** Akçağaç odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	12.44	<b>d</b>	KÖ - 190 2	*2.69052	190 2-212 1	*1.75944
	190 2	2	9.75	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*4.44996	190 2-212 2	*3.14424
	212 1	1	7.99	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*5.83476	212 1-212 2	*1.38480
	212 2	2	6.60	<b>a</b>				
Teğet Yön	KÖ	-	6.45	<b>d</b>	KÖ - 190 2	*1.55448	190 2-212 1	*1.04200
	190 2	2	4.90	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*2.59648	190 2-212 2	1.68400
	212 1	1	3.86	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*3.23848	212 1-212 2	*0.64200
	212 2	2	3.21	<b>a</b>				
Radyal Yön	KÖ	-	5.74	<b>d</b>	KÖ - 190 2	*1.00844	190 2-212 1	*0.71824
	190 2	2	4.73	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*1.72668	190 2-212 2	*1.48444
	212 1	1	4.01	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*2.49288	212 1-212 2	*0.76620
	212 2	2	3.24	<b>a</b>				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.24	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.12764	190 2-212 1	-0.00076
	190 2	2	0.11	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*0.12688	190 2-212 2	-0.02424
	212 1	1	0.11	<b>a</b>	KÖ - 212 2	0.10340	212 1-212 2	-0.02348
	212 2	2	0.13	<b>ab</b>				

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

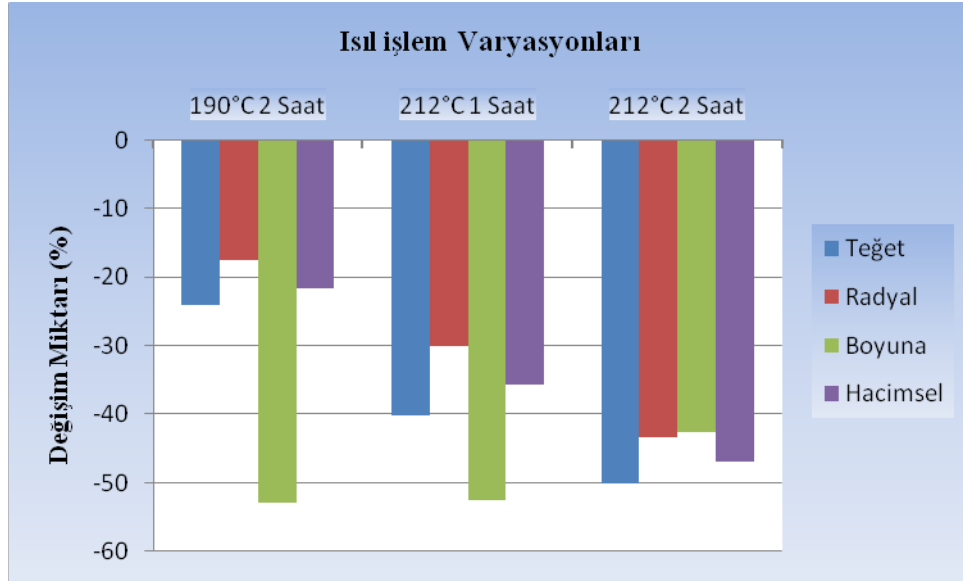
Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön daralma miktarlarında ısıtılmış test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre teğet yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda boyuna yönde; kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 5.834 (%46,89), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 3.238 (%50,13), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 2.492 (%43,40), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 0.127 (%52,89) olarak,

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 2.690 (%21,61), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtılmış test örneğinde 1.554 (%24,06), radyal yönde; 190°C sıcaklık 2

saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.008 (%17,56), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.103 (%42,56) olarak belirlenmiştir (Çizelge 28).



**Şekil 3.10.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu daralma miktarındaki değişim (%).

Iroko odununda ısıtım işlem sonrasında ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen daralma miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.29’da verilmiştir.

**Çizelge 3.29.** Iroko odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>SS</b>	<b>ED</b>	<b>EY</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	8.17	1.58	5.60	11.85
	190	2	7.59	0.76	6.27	8.68
	212	1	5.98	0.55	4.99	7.10
	212	2	5.74	0.56	4.75	7.06
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	4.03	1.16	2.15	6.00
	190	2	3.73	0.56	2.60	4.94
	212	1	3.09	0.49	2.07	3.76
	212	2	2.52	0.45	1.85	6.00
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	3.84	1.04	1.84	6.81
	190	2	3.75	0.52	2.75	4.60
	212	1	2.73	0.35	1.99	3.39
	212	2	3.08	0.46	2.31	4.05
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.29	0.31	0.003	1.12
	190	2	0.09	0.13	0.003	0.62
	212	1	0.15	0.14	0.006	0.51
	212	2	0.12	0.13	0.003	0.49

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 3.29), Iroko odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %8,17, %4,03, %3,84 ve %0,29, en düşük daralma miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet yönlerde olmak üzere %5,74 ve %2,52, en düşük daralma miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda radyal yönde %2,73, en düşük daralma miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda boyuna yönde %0,09 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında daralma miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.30'da verilmiştir.

**Çizelge 3.30.** Iroko odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Iroko Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri*</b>
<b>Hacimsel</b>	Gruplar içi	89.599	96	0.933		
	Gruplar arası	107.150	3	35.717	38.268	0.000
	Toplam	196.750	99			
<b>Teğet Yön</b>	Gruplar içi	51.308	96	0.534		
	Gruplar arası	34.196	3	11.399	21.327	0.000
	Toplam	85.504	99			
<b>Radyal Yön</b>	Gruplar içi	41.309	96	0.430		
	Gruplar arası	21.373	3	7.124	16.557	0.000
	Toplam	62.683	99			
<b>Boyuna Yön</b>	Gruplar içi	3.718	96	0.039		
	Gruplar arası	0.585	3	0.195	5.036	0.003
	Toplam	4.303	99			

(\*) P<0.05

Daralma yüzdeleri BVA sonuçlarına göre farklılıkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.31’de verilmiştir.

**Çizelge 3.31.** Iroko odunu Daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	<b>Duncan testi</b>				<b>Etkileşim değerleri</b>			
	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>HG</b>	<b>Varyasyonlar</b>	<b>Fark</b>	<b>Varyasyonlar</b>	<b>Fark</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	8.17	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.58672	190 2-212 1	*1.60556
	190	2	7.59	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*2.19228	190 2-212 2	*1.84956
	212	1	5.98	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*2.43628	212 1-212 2	0.24400
	212	2	5.74	<b>a</b>				
<b>Teğet Yön</b>	KÖ	-	4.03	<b>c</b>	KÖ - 190 2	0.30076	190 2-212 1	*0.64584
	190	2	3.73	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*0.94660	190 2-212 2	*1.21044
	212	1	3.09	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*1.51120	212 1-212 2	*0.56460
	212	2	2.52	<b>a</b>				
<b>Radyal Yön</b>	KÖ	-	3.84	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.08592	190 2-212 1	*1.02140
	190	2	3.75	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*1.10732	190 2-212 2	*0.66960
	212	1	2.73	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.75552	212 1-212 2	-0.35180
	212	2	3.08	<b>a</b>				
<b>Boyuna Yön</b>	KÖ	-	0.29	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.20008	190 2-212 1	-0.06160
	190	2	0.09	<b>a</b>	KÖ - 212 1	0.13848	190 2-212 2	-0.03060
	212	1	0.15	<b>ab</b>	KÖ - 212 2	*0.16948	212 1-212 2	0.03100
	212	2	0.12	<b>a</b>				

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

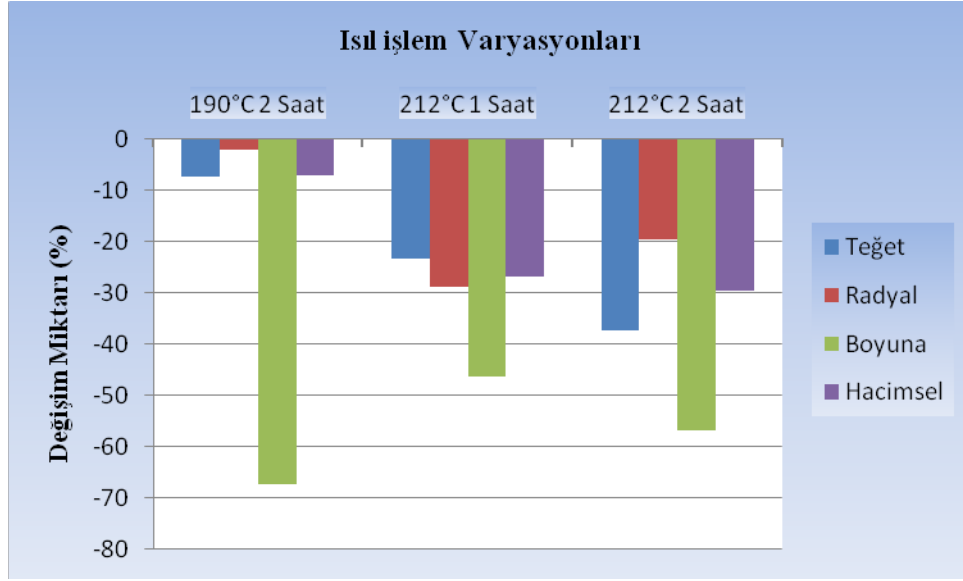


Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön daralma miktarlarında ısıtma işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre hacimsel; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda; teğet yönde, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda; radyal yönde, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda; boyuna yönde, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 2.436 (%29,78), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 1.511 (%37,41), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 1.107 (%28,8), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.200 (%67,34) olarak,

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.586 (%7,16), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.300 (%7,45), radyal yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.085 (%2,23), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.138 (%46,46) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.31).



**Şekil 3.11.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu daralma miktarındaki değişim (%).

Sapelli odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen daralma miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.32’de verilmiştir.

**Çizelge 3.32.** Sapelli odunu daralma değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ (%)	SS	ED	EY
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	12.58	1.42	10.55	16.13
	190	2	10.51	1.12	8.94	12.63
	212	1	7.17	1.32	4.42	9.44
	212	2	7.85	0.76	6.34	9.47
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	6.75	1.05	5.17	9.07
	190	2	4.38	0.62	3.66	5.95
	212	1	1.98	1.43	0.01	4.38
	212	2	3.57	0.91	1.13	6.28
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	5.71	0.98	4.25	7.95
	190	2	6.03	0.77	4.29	6.95
	212	1	5.00	0.78	4.02	7.97
	212	2	4.13	0.78	1.91	5.05
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.11	0.10	0.01	0.32
	190	2	0.09	0.07	0.01	0.29
	212	1	0.17	0.12	0.02	0.55
	212	2	0.13	0.11	0.003	0.46

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 3.32), Sapelli odununda ısıtıl işlem sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel ve teğet yönlerde olmak üzere %12,58, %6,75, ısıtıl işlem sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda radyal yönde olmak üzere %6,03, ısıtıl işlem sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin daralma değerleri arasında en yüksek daralma miktarları 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda boyuna yönde olmak üzere %0,17, en düşük daralma miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet yönlerde olmak üzere %7,17 ve %1,98, en düşük daralma miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda radyal yönde %4,13, en düşük daralma miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda boyuna yönde %0,09 olarak belirlenmiştir.

Isıtıl işlem sonrasında daralma miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.33'te verilmiştir.

**Çizelge 3.33.** Sapelli odunu daralma değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

<b>Sapelli Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri*</b>
Gruplar içi	134.831	96	1.404		
Gruplar arası	466.016	3	155.339	110.602	0.000
Toplam	600.847	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.34'te verilmiştir.

**Çizelge 3.34.** Sapelli odunu daralma miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	12.58	ab	KÖ - 190 2	0.02296	190 2-212 1	*-0.08484
	190 2	2	10.51	a	KÖ - 212 1	-0.06188	190 2-212 2	-0.04920
	212 1	1	7.17	b	KÖ - 212 2	-0.02624	212 1-212 2	0.03564
	212 2	2	7.85	ab				
Teğet Yön	KÖ	-	6.75	d	KÖ - 190 2	*2.36432	190 2-212 1	*2.39876
	190 2	2	4.38	c	KÖ - 212 1	*4.76308	190 2-212 2	*0.80980
	212 1	1	1.98	a	KÖ - 212 2	*3.17412	212 1-212 2	*-1.58896
	212 2	2	3.57	b				
Radyal Yön	KÖ	-	5.71	c	KÖ - 190 2	-0.32040	190 2-212 1	*1.02724
	190 2	2	6.03	c	KÖ - 212 1	*0.70684	190 2-212 2	*1.89952
	212 1	1	5.00	b	KÖ - 212 2	*1.57912	212 1-212 2	*0.87228
	212 2	2	4.13	a				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.11	ab	KÖ - 190 2	0.02296	190 2-212 1	*-0.08484
	190 2	2	0.09	a	KÖ - 212 1	-0.06188	190 2-212 2	-0.04920
	212 1	1	0.17	b	KÖ - 212 2	-0.02624	212 1-212 2	0.035640
	212 2	2	0.13	ab				

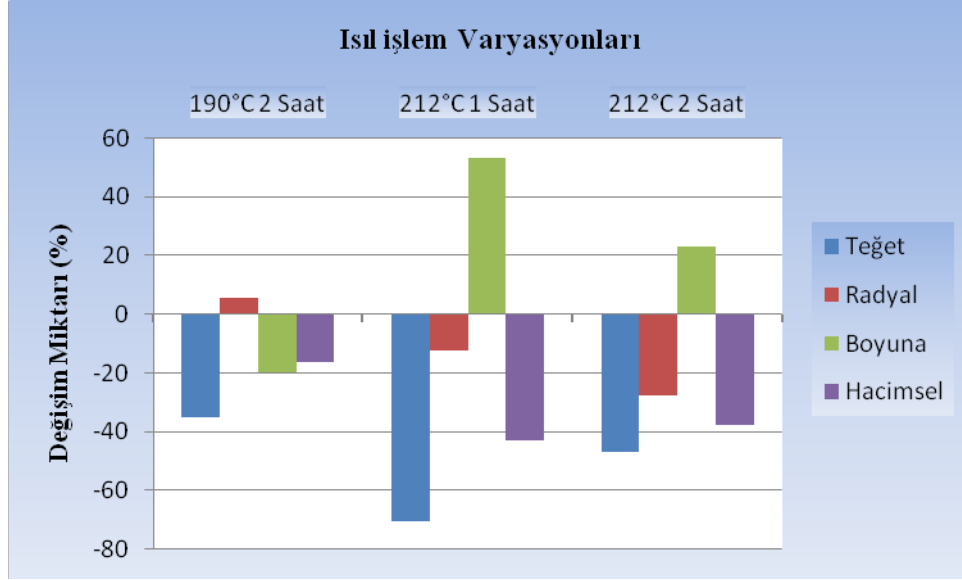
(\*)  $P \leq 0.05$  düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu.

Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön daralma miktarlarında ısıtma işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre hacimsel; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonunda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonunda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonunda, 190°C sıcaklık 2 ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonunda 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda; radyal yönde, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda; boyuna yönde, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.061 (%42,98), teğet yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 4.763 (%70,55), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 1.579 (%27,63), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlem görmüş test örneğinde 0.022 (%19,65) olarak,

Kontrol örneğine göre daralma miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.022 (%16,42), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.364 (%35,01), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.706 (%12,37), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.022 (%19,65) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.34).



**Şekil 3.12.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu daralma miktarındaki değişim (%).

Isıl işlem sonrası ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre daralma miktarlarındaki değişimlere ısıtım sıcaklığı ve süresinin etkisi Şekil 3.9., Şekil 3.10., Şekil 3.11., ve Şekil 3.12’de verilmiştir.

Buna göre daralma miktarında en fazla azalma Kestane odunu için 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda teğet yönde %59,07, Akçaağaç odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda boyuna yönde %52,89, Iroko odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda boyuna yönde %67,34. Sapelli odunu için 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda teğet yönde %70,55, oranında olduğu görülmektedir.

Daralma miktarında en az azalma Kestane odunu için için 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda teğet yönde %20,45, Akçaağaç odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda radyal yönde %17,56, Iroko odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat

varasyonunda radyal yönde %2,23, Sapelli odunu için 212°C sıcaklık ve 1 saat varasyonunda radyal yönde %12,37, oranında olduğu görülmektedir.

### 3.1.2.2. Genişleme

Kestane odununda ısı işlem sonrasında ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen genişleme miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.35'te verilmiştir.

**Çizelge 3.35.** Kestane odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>SS</b>	<b>ED</b>	<b>EY</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	13.76	1.21	12.00	16.11
	190	2	7.55	0.97	5.57	9.92
	212	1	7.64	1.27	6.13	10.16
	212	2	6.04	1.00	4.33	7.94
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	8.72	2.41	4.48	13.10
	190	2	5.48	1.04	4.10	7.00
	212	1	4.58	1.06	2.86	6.28
	212	2	3.61	0.72	2.66	4.99
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	5.94	1.68	3.63	10.26
	190	2	2.84	0.80	1.61	4.99
	212	1	3.63	0.72	2.30	4.92
	212	2	2.68	0.67	1.29	4.16
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.60	0.16	0.28	0.85
	190	2	0.40	0.26	0.04	1.32
	212	1	0.45	0.22	0.12	1.03
	212	2	0.33	0.27	0.02	0.97

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 3.35), Kestane odununda ısı işlem sonrası ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %13,76, %8,72, %5,94 ve %0,60, en düşük genişleme miktarları ısı işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %6,04, %3,61, %2,68 ve %0,33 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında genişleme miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.36'da verilmiştir.

**Çizelge 3.36.** Kestane odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	121.660	96	1.267		
Gruplar arası	876.685	3	292.228	230.592	0.000
Toplam	998.346	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.37.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.37.** Kestane odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	13.76	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*6.20764	190 2-212 1	-0.09484
	190	2	7.55	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*6.11280	190 2-212 2	*1.50732
	212	1	7.64	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*7.71496	212 1-212 2	
	212	2	6.04	<b>a</b>				
Teğet Yön	KÖ	-	8.72	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*2.91612	190 2-212 1	0.73344
	190	2	5.48	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*3.64956	190 2-212 2	*1.27068
	212	1	4.58	<b>ab</b>	KÖ - 212 2	*4.18680	212 1-212 2	0.53724
	212	2	3.61	<b>a</b>				
Radyal Yön	KÖ	-	5.94	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*3.09448	190 2-212 1	*-0.78720
	190	2	2.84	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*2.30728	190 2-212 2	0.15860
	212	1	3.63	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*3.25308	212 1-212 2	*0.94580
	212	2	2.68	<b>a</b>				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.60	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.19720	190 2-212 1	-0.04124
	190	2	0.40	<b>a</b>	KÖ - 212 1	0.15596	190 2-212 2	0.07788
	212	1	0.45	<b>ab</b>	KÖ - 212 2	*0.27508	212 1-212 2	0.11912
	212	2	0.33	<b>a</b>				

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

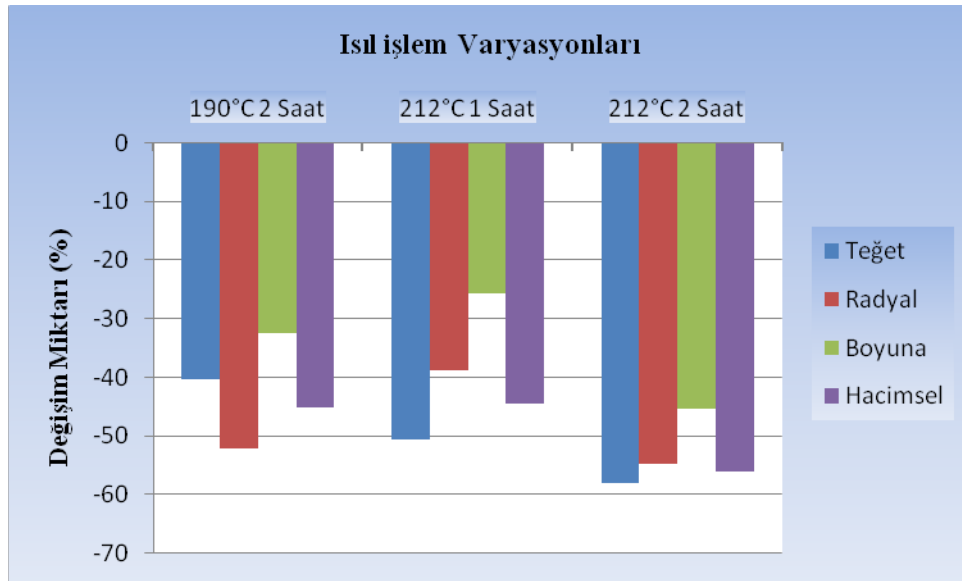
Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön genişleme miktarlarında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre hacimsel; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, teğet yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, radyal yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat

varyasyonunda, boyuna yönde; kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 7.714 (%56,05), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 4.186 (%58,03), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 3.253 (%54,75), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.275 (%32,45) olarak,

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 6.112 (%44,41), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.916 (%40,41), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.307 (%38,84), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.155 (%25,70) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.37.).



**Şekil 3.13.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu genişleme miktarındaki değişim (%).



Akçaağaç odununda ısıtıl işlem sonrasında ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen genişleme miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.38’de verilmiştir.

**Çizelge 3.38.** Akçaağaç odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>SS</b>	<b>ED</b>	<b>EY</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	16.76	1.76	14.67	21.03
	190	2	12.37	0.90	9.40	13.75
	212	1	11.12	1.27	9.66	14.73
	212	2	8.96	0.81	6.98	10.20
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	8.72	2.41	4.48	13.10
	190	2	5.48	1.04	4.10	7.00
	212	1	4.58	1.06	2.86	6.28
	212	2	3.61	0.72	2.66	4.99
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	7.00	1.60	3.84	9.80
	190	2	6.25	1.24	4.54	8.74
	212	1	5.86	0.86	4.38	7.57
	212	2	4.83	0.71	3.13	6.34
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	1.03	0.41	0.32	1.96
	190	2	0.64	0.29	0.28	1.61
	212	1	0.67	0.28	0.32	1.27
	212	2	0.51	0.17	0.11	0.86

T : Isıtıl 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 3.38), Akçaağaç odununda ısıtıl işlem sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %16,76, %8,72, %7,00 ve %1,03, en düşük genişleme miktarları ısıtıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %8,96, % 3,61, %4,83 ve %0,51 olarak belirlenmiştir.

Isıtıl işlem sonrasında genişleme miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.39’da verilmiştir.

**Çizelge 3.39.** Akçaağaç odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Akçaağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	149.603	96	1.558		
Gruplar arası	811.346	3	270.449	173.547	0.000
Toplam	960.948	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.40'te verilmiştir.

**Çizelge 3.40.** Akçaağaç odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	16.76	<b>d</b>	KÖ - 190 2	*4.39012	190 2-212 1	*1.25260
	190	2	12.37	<b>c</b>	KÖ - 212 1	*5.64272	190 2-212 2	*3.41032
	212	1	11.12	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*7.80044	212 1-212 2	*2.15772
	212	2	8.96	<b>a</b>				
Teğet Yön	KÖ	-	8.72	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*3.24676	190 2-212 1	0.89704
	190	2	5.48	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*4.14380	190 2-212 2	*1.86720
	212	1	4.58	<b>ab</b>	KÖ - 212 2	*5.11396	212 1-212 2	0.97016
	212	2	3.61	<b>a</b>				
Radyal Yön	KÖ	-	7.00	<b>c</b>	KÖ - 190 2	0.75396	190 2-212 1	0.39012
	190	2	6.25	<b>bc</b>	KÖ - 212 1	*1.14408	190 2-212 2	*1.41596
	212	1	5.86	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*2.16992	212 1-212 2	*1.02584
	212	2	4.83	<b>a</b>				
Boyuna Yön	KÖ	-	1.03	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.38944	190 2-212 1	-0.3452
	190	2	0.64	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*0.35492	190 2-212 2	0.12728
	212	1	0.67	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.51672	212 1-212 2	0.16180
	212	2	0.51	<b>a</b>				

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

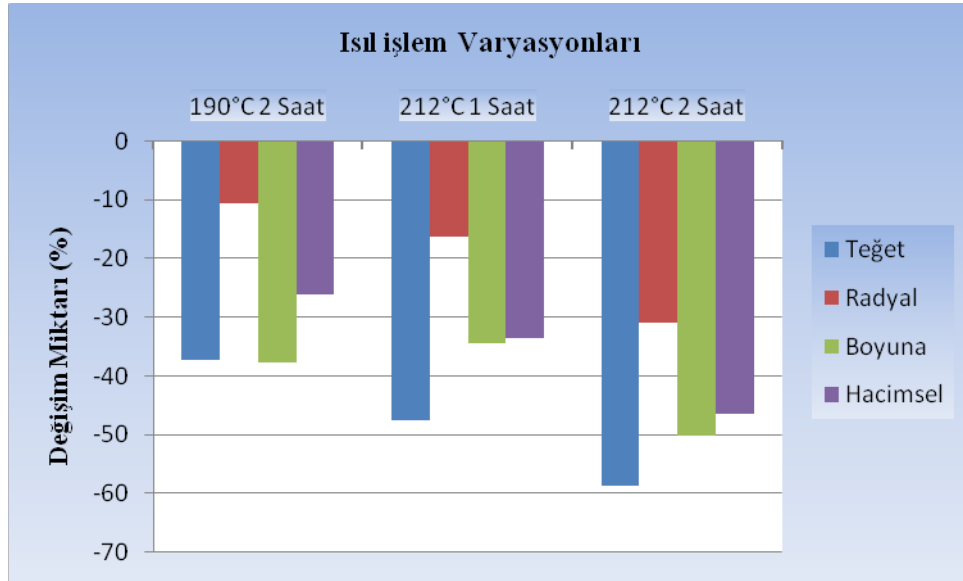
Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön genişleme miktarlarında ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre teğet yönde; kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, radyal yönde; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, boyuna yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda,

212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 7.800 (%46,52), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 5.113 (%58,58), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.169 (%30,97), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.516 (%50,14) olarak,

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 4.390 (%26,18), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 3.246 (%37,19), radyal yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.753 (%10,76), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.354 (%34,43) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.40.).



**Şekil 3.14.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odunu genişleme miktarındaki değişim (%).

Iroko odununda ısıtım işlem sonrasında ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen genişleme miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.41’de verilmiştir.

**Çizelge 3.41.** Iroko odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>SS</b>	<b>ED</b>	<b>EY</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	9.58	1.10	7.53	12.28
	190	2	8.54	1.03	5.23	9.64
	212	1	7.22	1.50	5.35	12.49
	212	2	6.66	0.73	5.49	8.15
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	4.37	1.26	2.45	6.69
	190	2	3.86	1.06	0.61	5.08
	212	1	3.42	1.50	1.84	9.25
	212	2	3.12	0.65	2.03	4.99
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	4.63	0.84	3.32	6.53
	190	2	4.19	0.45	3.29	5.08
	212	1	3.21	0.49	2.19	4.05
	212	2	3.30	0.50	2.28	4.62
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.57	0.24	0.07	1.13
	190	2	0.47	0.21	0.12	1.17
	212	1	0.58	0.38	0.01	1.61
	212	2	0.22	0.10	0.007	0.46

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 3.41), Iroko odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet ve radyal yönlerde olmak üzere %9,58, %4,37 ve %4,63, ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda boyuna yönde olmak üzere %0,57 en düşük genişleme miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet ve boyuna yönlerde olmak üzere %6,66, %3,12 ve %0,22, en düşük genişleme miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonda radyal yönde %3,21, olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında genişleme miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.42’de verilmiştir.

**Çizelge 3.42.** Iroko odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Iroko Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	121.752	96	1.268		
Gruplar arası	129.853	3	43.284	34.129	0.000
Toplam	251.605	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.43'te verilmiştir.

**Çizelge 3.43.** Iroko odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	9.58	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*1.04640	190 2-212 1	*1.31608
	190	2	8.54	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*2.36248	190 2-212 2	*1.87552
	212	1	7.22	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*2.92192	212 1-212 2	0.55944
	212	2	6.66	<b>a</b>				
Teğet Yön	KÖ	-	4.37	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.50460	190 2-212 1	0.44776
	190	2	3.86	<b>ab</b>	KÖ - 212 1	*0.95236	190 2-212 2	0.74016
	212	1	3.42	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*1.24476	212 1-212 2	0.29240
	212	2	3.12	<b>a</b>				
Radyal Yön	KÖ	-	4.63	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.44016	190 2-212 1	*0.98004
	190	2	4.19	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*1.42020	190 2-212 2	*0.88880
	212	1	3.21	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*1.32896	212 1-212 2	-0.09124
	212	2	3.30	<b>a</b>				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.57	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.10160	190 2-212 1	-0.11144
	190	2	0.47	<b>b</b>	KÖ - 212 1	-0.00984	190 2-212 2	*0.24660
	212	1	0.58	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*0.34820	212 1-212 2	*0.35804
	212	2	0.22	<b>a</b>				

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

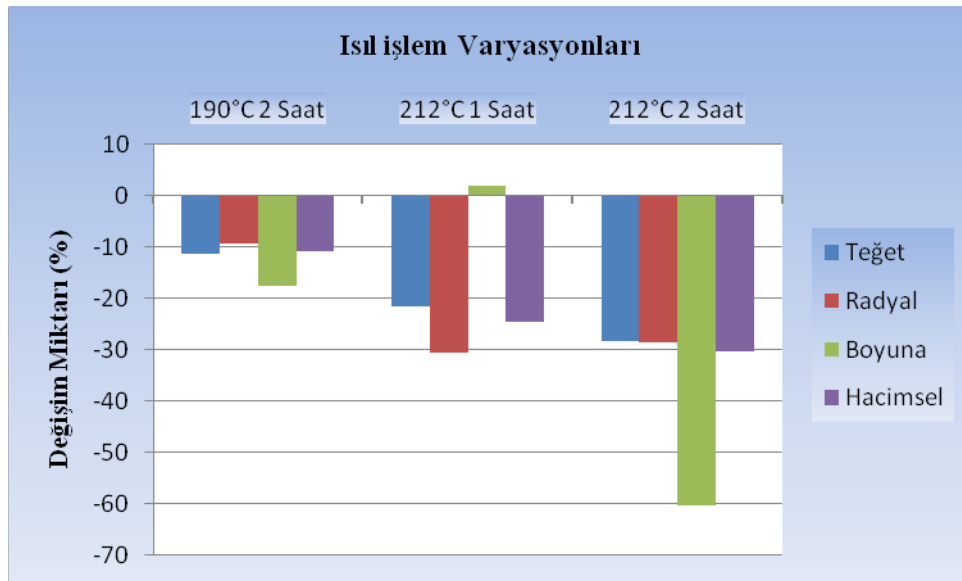
Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön genişleme miktarlarında ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre hacimsel; 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, teğet yönde; kontrol örneği ile 190°C 2 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, radyal yönde; kontrol örneği ile 190°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, boyuna yönde; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1

saat varyasyonda, 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.921 (%30,47), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.244 (%28,46), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.420 (%30,62), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.348 (%60,20) olarak,

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.046 (%10,90), teğet yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.504 (%11,54), radyal yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.440 (%9,49), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.101 (%10,90) olarak belirlenmiştir (Çizelge 43).



**Şekil 3.15.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu genişleme miktarındaki değişim (%).

Sapelli odununda ısıtım işlem sonrasında ısıtım işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen genişleme miktarlarına ilişkin istatistikler Çizelge 3.44'te verilmiştir.

**Çizelge 3.44.** Sapelli odunu genişleme değerleri değişimine ilişkin istatistikler.

	<b>T</b>	<b>Z</b>	$\bar{X}$ (%)	<b>SS</b>	<b>ED</b>	<b>EY</b>
<b>Hacimsel</b>	KÖ	-	13.24	1.46	10.35	15.05
	190	2	10.74	1.13	9.47	13.44
	212	1	10.02	0.80	7.58	11.89
	212	2	9.30	0.78	7.37	11.25
<b>Teğet yön</b>	KÖ	-	6.51	1.19	5.00	9.11
	190	2	3.91	0.53	2.36	4.95
	212	1	3.94	0.47	2.26	4.86
	212	2	3.86	0.74	1.43	5.46
<b>Radyal yön</b>	KÖ	-	6.11	1.10	4.52	8.67
	190	2	6.43	0.74	5.52	8.54
	212	1	5.70	0.64	3.65	6.65
	212	2	5.08	0.77	3.43	6.94
<b>Boyuna yön</b>	KÖ	-	0.62	0.19	0.32	1.04
	190	2	0.40	0.21	0.07	0.82
	212	1	0.36	0.30	0.26	1.18
	212	2	0.35	0.24	0.04	1.14

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 3.44), Sapelli odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları kontrol örneğinde sırası ile hacimsel, teğet ve boyuna yönlerde olmak üzere %13,24, %6,51 ve %0,62, ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin genişleme değerleri arasında en yüksek genişleme miktarları 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda radyal yönde olmak üzere %6,43, en düşük genişleme miktarları ısıl işlem görmüş test örneği 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonda sırası ile hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerde olmak üzere %9,30, %3,86, %5,08 ve %0,35 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında genişleme miktarları arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.45'te verilmiştir.

**Çizelge 3.45.** Sapelli odunu genişleme değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	112.377	96	1.171		
Gruplar arası	220.357	3	73.452	62.748	0.000
Toplam	332.734	99			

(\*)  $P \leq 0.05$

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için uygulanan duncan testi ve her bir kombinasyonun etkileşim değerleri Çizelge 3.46’da verilmiştir.

**Çizelge 3.46.** Sapelli odunu genişleme miktarlarına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$ (%)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Hacimsel	KÖ	-	13.24	c	KÖ - 190 2	*2.49976	190 2-212 1	0.71864
	190	2	10.74	b	KÖ - 212 1	*3.21840	190 2-212 2	*1.44148
	212	1	10.02	ab	KÖ - 212 2	*3.94124	212 1-212 2	0.72284
	212	2	9.30	a				
Teğet Yön	KÖ	-	6.51	b	KÖ - 190 2	*2.60180	190 2-212 1	-0.03892
	190	2	3.91	a	KÖ - 212 1	*2.56288	190 2-212 2	0.04588
	212	1	3.94	a	KÖ - 212 2	*2.64768	212 1-212 2	0.08480
	212	2	3.86	a				
Radyal Yön	KÖ	-	6.11	bc	KÖ - 190 2	-0.32120	190 2-212 1	*0.72656
	190	2	6.43	c	KÖ - 212 1	0.40536	190 2-212 2	*1.35240
	212	1	5.70	b	KÖ - 212 2	*1.03120	212 1-212 2	*0.62584
	212	2	5.08	a				
Boyuna Yön	KÖ	-	0.62	b	KÖ - 190 2	*0.21936	190 2-212 1	0.03100
	190	2	0.40	a	KÖ - 212 1	*0.25036	190 2-212 2	0.04320
	212	1	0.36	a	KÖ - 212 2	*0.26256	212 1-212 2	0.01220
	212	2	0.35	a				

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

Duncan testi sonuçlarına göre hacimsel, teğet yön, radyal yön ve boyuna yön genişleme miktarlarında ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu anlaşılmıştır.

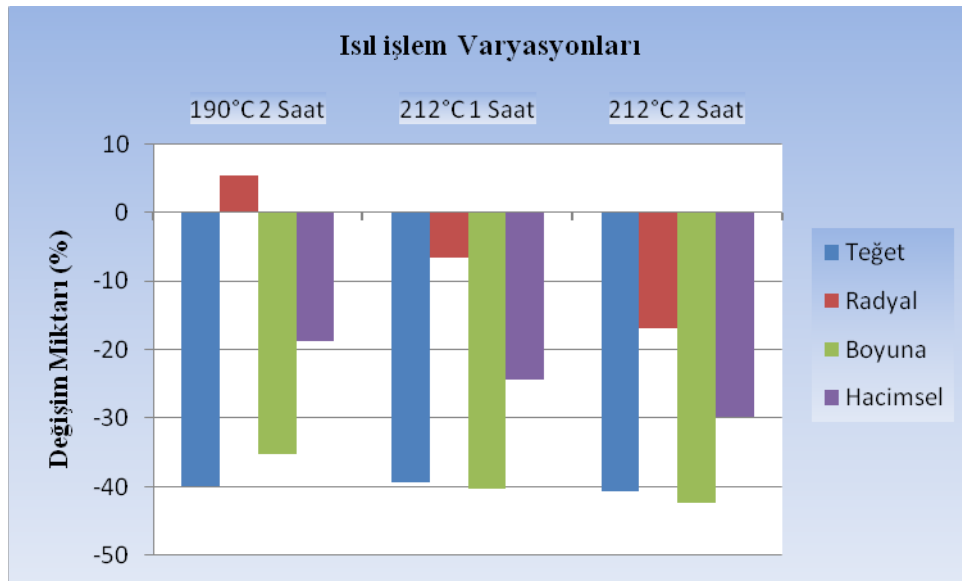
Ancak duncan testi sonuçlarına göre hacimsel; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, teğet yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, radyal yönde; kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonda, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonda, boyuna yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat



varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en fazla hacimsel; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 3.941 (%29,75), teğet yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.647 (%40,65), radyal yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 1.031 (%16,86), boyuna yönde; 212°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.262 (%42,25) olarak,

Kontrol örneğine göre genişleme miktarındaki azalma en küçük hacimsel; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.499 (%18,87), teğet yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 2.562 (%39,35), radyal yönde; 212°C sıcaklık 1 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.405 (%6,62), boyuna yönde; 190°C sıcaklık 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 0.219 (%35,32) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.46).



**Şekil 3.16.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu genişleme miktarındaki değişim (%).

Isıl işlem sonrası ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre genişleme miktarlarındaki değişimlere ısıtım sıcaklığı ve süresinin etkisi Şekil 3.13., Şekil 3.14., Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da verilmiştir.

Buna göre genişleme miktarında en fazla azalma Kestane odunu için 212°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda teğet yönde %58,03, Akçaağaç odunu için 212°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda teğet yönde %58,58, Iroko odunu için 212°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda boyuna yönde %60,20, Sapelli odunu için 212°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda boyuna yönde %42,25 oranında olduğu görülmektedir.

Genişleme miktarında en az azalma Kestane odunu için için 212°C sıcaklık ve 1 saat varasyonunda boyuna yönde %25,70, Akçaağaç odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda radyal yönde %10,76, Iroko odunu için 190°C sıcaklık ve 2 saat varasyonunda radyal yönde %9,49, Sapelli odunu için 212°C sıcaklık ve 1 saat varasyonunda radyal yönde %6,62 oranında olduğu görülmektedir.

Daralma miktarında, kestane odunu 190°C sıcaklık 2 saat varasyonunda boyuna yön ile 212°C sıcaklık 2 saat varasyonunda boyuna yön; sapelli odunu 212°C sıcaklık 1 saat varasyonunda boyuna yön ile 212°C sıcaklık 2 saat varasyonunda boyuna yön haricinde; genişleme miktarında, iroko odunu 212°C sıcaklık 1 saat varasyonunda boyuna yön; sapelli odunu 190°C sıcaklık 2 saat varasyonunda radyal yön haricinde azalmıştır. Hacimsel, teğet, radyal ve boyuna yönlerdeki daralma miktarlarının değişim kontrol örneğine göre azalmasının ısı işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değiştiği, ısı işlemde uygulanan sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça daha düşük daralma miktarları elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre ısı işlemde sıcaklık arttıkça daralma ve genişleme özelliklerinin gittikçe iyileştiği anlaşılmaktadır.

Bak ve Nemeth (2012) değişik sıcaklıklarda (160°C'den 200°C sıcaklığa kadar) ısı işlemin kavak odununun boyutsal değişimine etkisini inceledikleri çalışmalarında, ısı 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), kızılğaç ve doğu ladini odunlarında ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak daralma yüzdelerindeki azalma oranlarında da artış olduğunu, en düşük azalma oranının 190°C sıcaklıkta kızılğaçta %19,80, ladinde %20,31, en yüksek azalma oranı ise 212°C'de kızılğaçta %53,47, ladinde ise %48,08 şeklinde gerçekleştiğini belirtmiştir. Poncsak ve diğ. (2011), ısı 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 uygulanan 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°C, 180°C, 200°C ve 220°C sıcaklıklarda 1, 2, 3 ve 4 saat süre ile işleme tabi tuttukları çalışma sonuçlarına göre boyutsal stabilitenin arttığını, sıcaklık arttıkça ve süre uzadıkça daha düşük değerlerin elde edildiğini, hacimsel genişlemedeki azalma miktarının arttığını, ısıtım görmemiş oduna göre denge rutubeti içeriğinin %42,63, su absorpsiyonunun %34,93 ve hacimsel genişlemenin %67,47 azaldığını bulmuşlardır.

Isıtım ile birlikte ağaç malzemedeki 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 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 uygulanan odunda boyutsal stabilitenin iyileşmesine neden olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2014).

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 artışlı ve selüloz moleküllerinin daha az genişlemesi ile daha az su absorbe etmesinin sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Kestane, Akçaağaç, Iroko, Sapelli odunlarında ısı işlem sonrası daralma ve genişleme değerlerinde iyileşme görülmüş olup, literatür bilgisi ve örneklerin denge rutubeti içeriğine göre iyileşmenin şu sebeplerden ileri geldiği söylenebilir;

- Hemiselülozdaki değişim daralma ve genişleme değerlerinde iyileşmeden doğrudan sorumludur. Isı 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
- Selülozun kristalleşme derecesindeki artış ve amorf kısımların azalması.

### 3.1.3. Yüzey Pürüzlülüğü

#### 3.1.3.1. Isıl İşlem Sonrası Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Kestane odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.47’de verilmiştir.

**Çizelge 3.47.** Isıl işlem sonrası kestane odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ )	SS	ED	EY
<b>Kestane Odunu</b>	KÖ	-	14.84	4.78	6.21	25.40
	190	2	16.46	5.82	8.98	35.57
	212	1	18.11	12.79	3.37	79.52
	212	2	15.49	4.93	6.12	24.87

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, Örnek Sayısı :40.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 3.47.), Kestane odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü miktarı  $212^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda olmak üzere 18,11 ( $\mu\text{m}$ ), en düşük yüzey pürüzlülüğü miktarı kontrol örneğinde 14,84 ( $\mu\text{m}$ ) olarak belirlenmiştir.

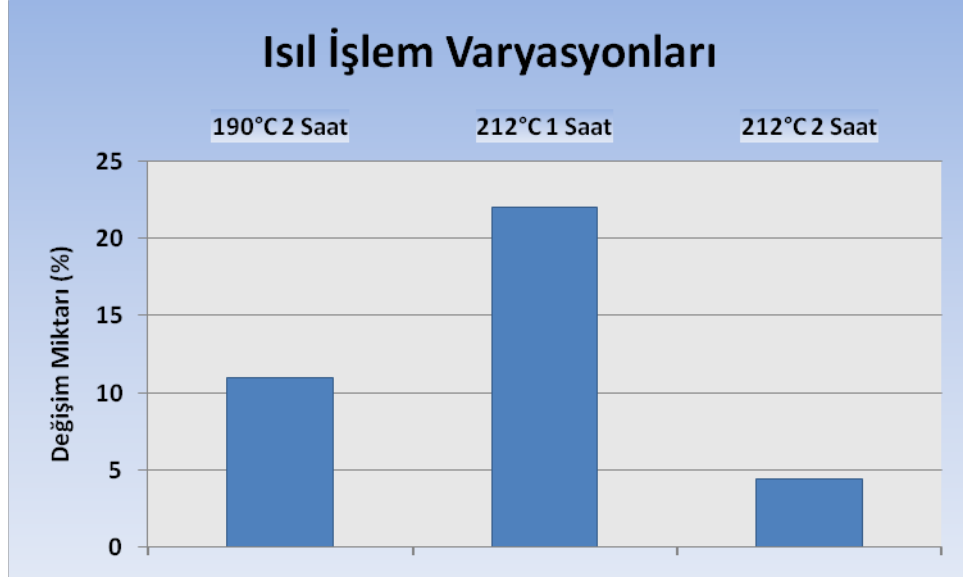
Isıl işlem sonrasında yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.48’de verilmiştir.

**Çizelge 3.48.** Isıl işlem sonrası kestane odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	9550.804	156	61.223		
Gruplar arası	242.574	3	80.858	1.321	0.270
Toplam	9793.378	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre Ra değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı belirlenmiştir.



**Şekil 3.17.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odunu Ra değişimi (%).

Akçaağaç odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.49’da verilmiştir.

**Çizelge 3.49.** Isıl işlem sonrası akçaağaç odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ )	SS	ED	EY
Akçaağaç Odunu	KÖ	-	12.35	4.40	5.99	22.95
	190	2	7.32	1.58	4.62	12.03
	212	1	9.27	1.86	6.30	13.32
	212	2	8.85	1.88	6.39	13.13

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 :40.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 3.49.), Akçaağaç odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü miktarı kontrol örneğinde olmak üzere 12,35 ( $\mu\text{m}$ ), en düşük yüzey pürüzlülüğü miktarı 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 7,32 ( $\mu\text{m}$ ) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.50’de verilmiştir.

**Çizelge 3.50.** Isıl işlem sonrası akçağaç odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Akçağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	1129.285	156	7.239		
Gruplar arası	534.555	3	178.185	24.615	0.000
Toplam	1663.840	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre Ra değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve etkileşim değerleri Çizelge 3.51’de verilmiştir.

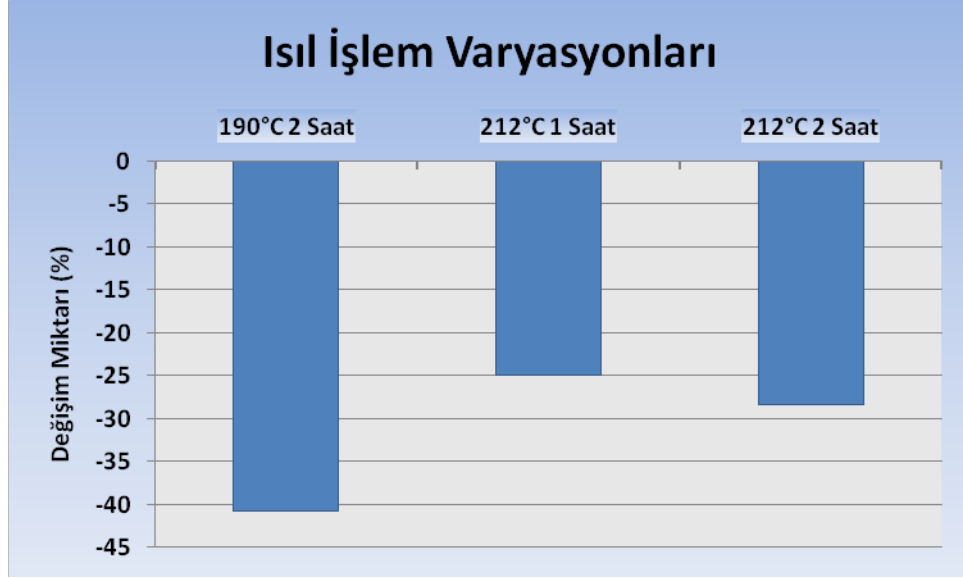
**Çizelge 3.51.** Isıl işlem sonrası akçağaç odunu Ra değerine ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

Duncan testi				Etkileşim değerleri			
T	Z	$\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ )	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
KÖ	-	12.35	c	KÖ - 190 2	*5.0342	190 2-212 1	*-1.9477
190	2	7.32	a	KÖ - 212 1	*3.0865	190 2-212 2	-1.5307
212	1	9.27	b	KÖ - 212 2	*3.5035	212 1-212 2	0.4170
212	2	8.85	ab				

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

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile ısıl işlem görmüş test örneği kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat ve 212°C 1 saat ve 2 saat kombinasyonlarının Ra değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu anlaşılmıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük Ra değeri farkı 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 5.034( $\mu\text{m}$ ), en küçük 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 3.086( $\mu\text{m}$ ) olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.51).



**Şekil 3.18.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akça ağaç odunu Ra değişimi (%).

Iroko odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.52’de verilmiştir.

**Çizelge 3.52.** Isıl işlem sonrası iroko odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ )	SS	ED	EY
Iroko Odunu	KÖ	-	10.25	3.88	3.66	20.52
	190	2	11.88	3.54	5.27	21.42
	212	1	11.18	2.90	6.97	19.00
	212	2	11.11	2.54	4.99	20.58

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 :40.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 3.52), Iroko odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü miktarı 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda olmak üzere 11,88( $\mu\text{m}$ ), en düşük yüzey pürüzlülüğü miktarı kontrol örneğinde 10,25( $\mu\text{m}$ ) olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.53’te verilmiştir.

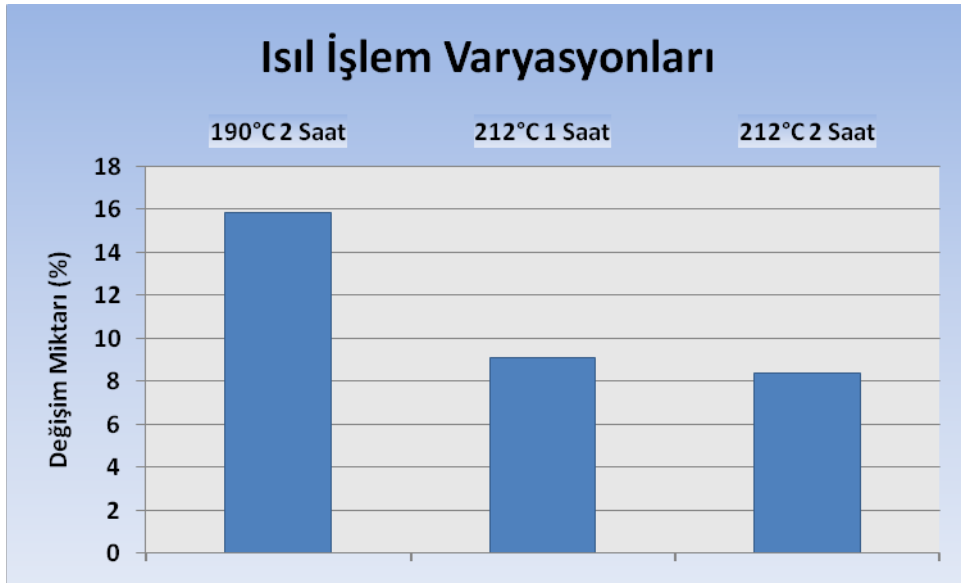


**Çizelge 3.53.** Isıl işlem sonrası iroko odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Iroko Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	1658.071	156	10.629		
Gruplar arası	53.151	3	17.717	1.667	0.176
Toplam	1711.221	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre Ra değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı belirlenmiştir.



**Şekil 3.19.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odunu Ra değişimi (%).

Sapelli odununda ısıl işlem sonrasında ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinde belirlenen Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) değerlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.54'te verilmiştir.

**Çizelge 3.54.** Isıl işlem sonrası sapelli odunu yüzey pürüzlülüğü Ra değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\bar{X}$ ( $\mu\text{m}$ )	SS	ED	EY
Sapelli Odunu	KÖ	-	11.90	2.68	7.00	18.74
	190	2	13.68	2.76	7.82	19.63
	212	1	12.56	2.29	9.00	17.74
	212	2	13.02	1.83	8.44	16.74

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 :40.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 3.54.), Sapelli odununda ısı işlem sonrası ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü miktarı 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda olmak üzere 13,68 (µm), en düşük yüzey pürüzlülüğü miktarı kontrol örneğinde 11,90 (µm) olarak belirlenmiştir.

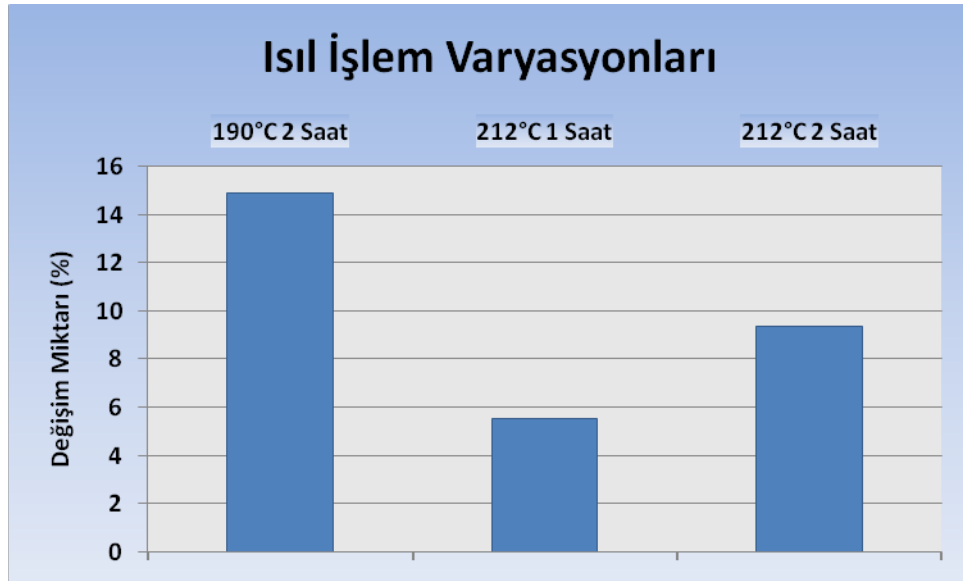
Isıl işlem sonrasında yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri arasında istatistiksel farklılıkları görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.55’de verilmiştir.

**Çizelge 3.55.** Isıl işlem sonrası sapelli odunu Ra değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Gruplar içi	916.782	156	5.877		
Gruplar arası	66.977	3	22.326	3.799	0.012
Toplam	983.759	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre Ra değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.



**Şekil 3.20.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odunu Ra değişimi (%).

Kestane, Iroko, Sapelli odunlarında ısı işlem uygulamasından sonra Ra değerlerinde ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre artma söz konusuysen Akçaağaç odununda ısı işlem uygulamasından sonra Ra değerinde ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre azalma meydana gelmiştir.

Elde edilen bulguların daha iyi anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 3.17., Şekil 3.18., Şekil 3.19. ve Şekil 3.20.'de oransal olarak verilmiştir.

Bu sonuçlar ısıtma işlemi ile birlikte yüzey kalitesinde iyileşme elde edilebilecek olduğunu göstermektedir.

Literatürde ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemesinde yüzey kalitesinin iyileştiğini bildiren örnek çalışmalar bulunmaktadır. Sevim Korkut ve diğ. (2013), 2,5 saat ısıtma işlemi 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 değişimlerden kaynaklanmış olabileceğini bildirmektedirler. Özcan ve diğ. (2012), sarıçam, doğu kayını, beyaz meşe ve uludağ göknarında ısıtma işlemi ve yüzey kabalığının yapıştırma direncine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ısıtma işleminin tüm ağaç türlerinde yüzey kalitesini iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Dilik ve Hiziroğlu (2012) ısıtma işlemi uygulanmış *Juniperus virginiana* örneklerinde yüzey kalitesinin ısıtma işlemi ile birlikte iyileşmekte olduğunu belirtmektedirler. Kasemsiri ve diğ. (2012) 190°C sıcaklıkta 2 ve 8 saat ısıtma işlemi uygulanmış *Juniperus virginiana* örneklerinde Ra değerinin sırası ile %5,90 ve %10,11 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

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

Akçağaç odununda ısıtma işlemi ile birlikte Ra değerinin azalması literatür bilgisine göre yüzey düzgünlüğünün iyileşmesi şu nedenlerden kaynaklanmış olabilir;

- Higroskopik karakteri yüksek bileşenlerin ısıtma işlemi ile 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. Parlaklık

#### 3.1.4.1. Isıl İşlem Sonrası Parlaklık

Kestane odununda ısıl işlem sonrasında belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler 3.56'da verilmiştir.

**Çizelge 3.56.** Kestane odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	$\bar{X}$	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	2.94	0.58	1.9	4.2
	190	2	1.46	0.49	0.5	2.4
	212	1	0.98	0.21	0.5	1.4
	212	2	0.97	0.38	0.4	2.1
Liflere paralel	KÖ	-	3.57	0.79	2.4	5.8
	190	2	1.85	0.62	0.9	3.7
	212	1	1.45	0.39	0.5	2.2
	212	2	1.33	0.47	0.6	2.8

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 :40.

Isıl işlem sonrası elde edilen parlaklık sonuçları en yüksek parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel olmak üzere 2,94 ve 3,57 olarak kontrol örneğinde belirlenmiştir. En düşük parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel yön olmak üzere 0,97 ve 1,33 olarak 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde belirlenmiştir.

Kestane odununda ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.57'de verilmiştir.

**Çizelge 3.57.** Kestane odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Kestane Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	30.544	156	0.196		
	Gruplar arası	104.227	3	34.742	177.439	0.000
	Toplam	134.771	159			
Liflere paralel	Gruplar içi	55.248	156	0.354		
	Gruplar arası	129.152	3	43.051	121.559	0.000
	Toplam	184.400	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

Çizelge 3.57.'de kontrol örneği ile ısıtılmış işlem görmüş test örneği parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre, liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.58.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.58.** Kestane odunu ısıtılmış işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

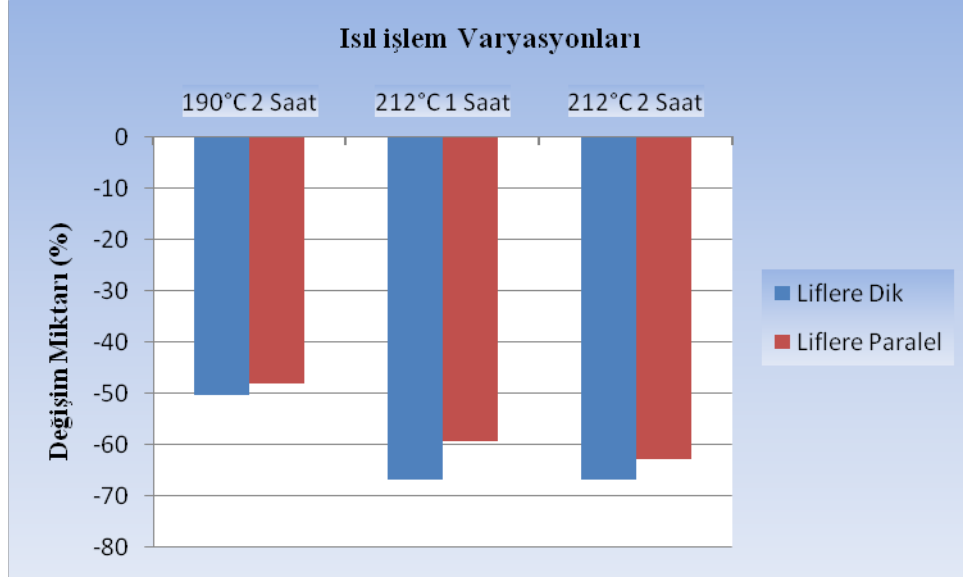
	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
<b>Liflere dik</b>	KÖ	-	2.94	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*1.4825	190 2-212 1	*0.4850
	190	2	1.46	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*1.9675	190 2-212 2	*0.4875
	212	1	0.98	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*1.9700	212 1-212 2	0.0025
	212	2	0.97	<b>a</b>				
<b>Liflere paralel</b>	KÖ	-	3.57	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*1.7200	190 2-212 1	*0.4000
	190	2	1.85	<b>b</b>	KÖ - 212 1	2.1200	190 2-212 2	*0.5200
	212	1	1.45	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*2.2400	212 1-212 2	0.1200
	212	2	1.33	<b>a</b>				

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

Duncan testi sonuçlarına göre liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerlerinde kontrol örneği ile ısıtılmış işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre liflere dik yönde; 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, liflere paralel yönde; kontrol örneği ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, ısıtılmış işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere dik yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.97, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.48, ısıtılmış işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere paralel yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 2.24, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.72 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.58).



**Şekil 3.21.** Kestane odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%).

Akçaağaç odununda ısıl işlem sonrasında belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.59.'da verilmiştir.

**Çizelge 3.59.** Akçaağaç odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	$\bar{X}$	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	2.82	0.63	1.5	4.0
	190	2	1.89	0.62	0.7	3.0
	212	1	1.64	0.42	1.1	3.1
	212	2	1.36	0.37	0.5	2.2
Liflere paralel	KÖ	-	3.29	0.67	2.1	4.4
	190	2	2.06	0.74	0.7	3.9
	212	1	1.76	0.51	1.0	2.9
	212	2	1.41	0.34	0.6	1.9

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 :40.

Isıl işlem sonrası elde edilen parlaklık sonuçları en yüksek parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel olmak üzere 2,82 ve 3,29 olarak kontrol örneğinde belirlenmiştir. En düşük parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel yön olmak üzere 1,36 ve 1,41 olarak 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde belirlenmiştir.

Akçaağaç odununda ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.60.'ta verilmiştir.

**Çizelge 3.60.** Akçaağaç odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Akçaağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
<b>Liflere dik</b>	Gruplar içi	43.287	156	0.277		
	Gruplar arası	47.753	3	15.918	57.365	0.000
	Toplam	91.040	159			
<b>Liflere paralel</b>	Gruplar içi	53.879	156	0.345		
	Gruplar arası	80.144	3	26.715	77.349	0.000
	Toplam	134.024	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

Çizelge 3.68'de kontrol örneği ile ısıtıl işlem görmüş test örneği parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre, liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.61'de verilmiştir.

**Çizelge 3.61.** Akçaağaç odunu ısıtıl işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
<b>Liflere dik</b>	KÖ	-	2.82	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*0.9250	190 2-212 1	0.2550
	190	2	1.89	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*1.1800	190 2-212 2	*0.5275
	212	1	1.64	<b>ab</b>	KÖ - 212 2	*1.4525	212 1-212 2	0.2725
	212	2	1.36	<b>a</b>				
<b>Liflere paralel</b>	KÖ	-	3.29	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*1.2275	190 2-212 1	0.3000
	190	2	2.06	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*1.5275	190 2-212 2	*0.6525
	212	1	1.76	<b>b</b>	KÖ - 212 2	*1.8800	212 1-212 2	*0.3525
	212	2	1.41	<b>a</b>				

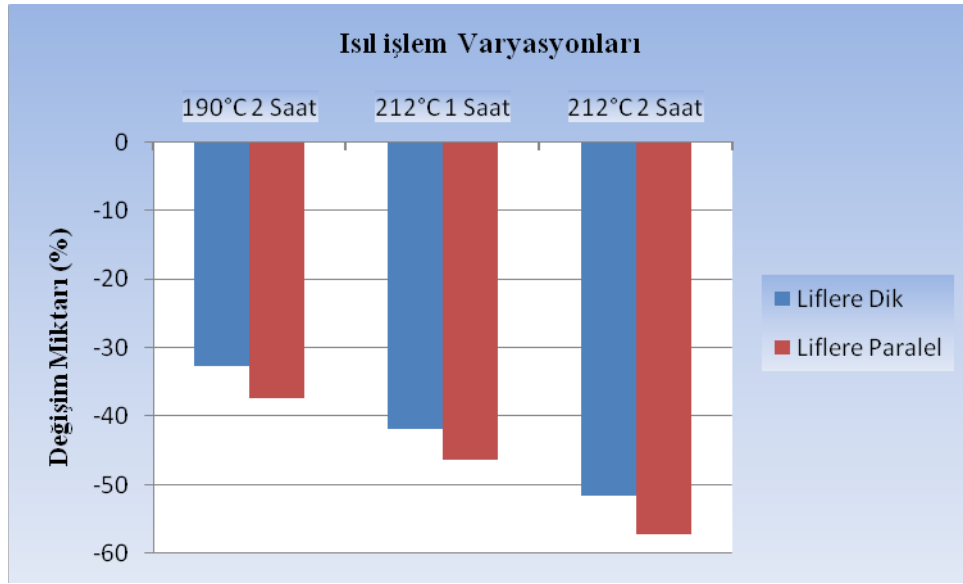
(\*)  $P \leq 0.05$  düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir. HG: Homojenlik grubu

Duncan testi sonuçlarına göre liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerlerinde kontrol örneği ile ısıtıl işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre liflere dik yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, liflere paralel yönde;

190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, varyasyonunda kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere dik yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.45, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0.92, ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere paralel yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.88, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.22 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.61).



**Şekil 3.22.** Akçaağaç odunu ısı işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%).

Iroko odununda ısı işlem sonrasında belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler 3.62’de verilmiştir.



**Çizelge 3.62.** Iroko odunu ısıtma işlemi sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	$\bar{X}$	SS	ED	EY
Liflere dik	KÖ	-	2.20	0.57	0.5	3.5
	190	2	1.75	0.31	1.1	2.5
	212	1	1.26	0.48	0.2	2.4
	212	2	1.28	0.40	0.8	2.3
Liflere paralel	KÖ	-	2.37	0.68	0.7	3.7
	190	2	1.88	0.41	1.0	3.6
	212	1	1.43	0.56	0.2	2.7
	212	2	1.51	0.48	0.8	2.7

T : Isıtma işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $\bar{X}$  : Aritmetik ortalama , SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı :40.

Isıtma işlemi sonrası elde edilen parlaklık sonuçları en yüksek parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel olmak üzere 2,20 ve 2,37 olarak kontrol örneğinde belirlenmiştir. En düşük parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel yön olmak üzere 1,26 ve 1,43 olarak 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıtma işlemi görmüş test örneğinde belirlenmiştir.

Iroko odununda ısıtma işlemi sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.63'te verilmiştir.

**Çizelge 3.63.** Iroko odunu ısıtma işlemi sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Iroko Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Liflere dik	Gruplar içi	32.409	156	0.208		
	Gruplar arası	23.800	3	7.933	38.187	0.000
	Toplam	56.210	159			
Liflere paralel	Gruplar içi	46.919	156	0.301		
	Gruplar arası	21.831	3	7.277	24.195	0.000
	Toplam	68.750	159			

(\*) P≤0.05

Çizelge 3.63.'de kontrol örneği ile ısıtma işlemi görmüş test örneği parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre, liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.64'te verilmiştir.

**Çizelge 3.64.** Iroko odunu ısıtma işlemi sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

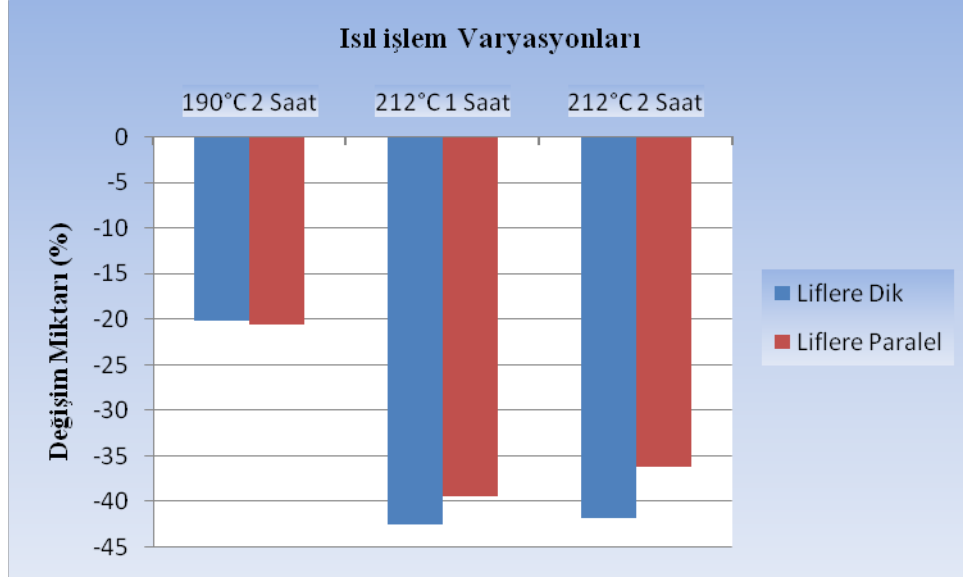
	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
<b>Liflere dik</b>	KÖ	-	2.20	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*0.4425	190 2-212 1	*0.4900
	190	2	1.75	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*0.9325	190 2-212 2	*0.4775
	212	1	1.26	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.9200	212 1-212 2	-0.0125
	212	2	1.28	<b>a</b>				
<b>Liflere paralel</b>	KÖ	-	2.37	<b>c</b>	KÖ - 190 2	*0.4875	190 2-212 1	*0.4450
	190	2	1.88	<b>b</b>	KÖ - 212 1	*0.9325	190 2-212 2	*0.3700
	212	1	1.43	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.8575	212 1-212 2	-0.0750
	212	2	1.51	<b>a</b>				

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

Duncan testi sonuçlarına göre liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerlerinde kontrol örneği ile ısıtma işlemi görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre liflere dik yönde ve liflere paralel yönde; 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonlarında kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, ısıtma işlemi görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere dik yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0.92, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0.44, ısıtma işlemi görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere paralel yönde; 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 0.93, en küçük 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0.48 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.64).



**Şekil 3.23.** Iroko odunu ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%).

Sapelli odununda ısıl işlem sonrasında belirlenen parlaklık değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 3.65'te verilmiştir.

**Çizelge 3.65.** Sapelli odunu ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin istatistikler.

Parlaklık	T	Z	$\bar{X}$	SS	ED	EY
<b>Liflere dik</b>	KÖ	-	1.87	0.35	1.3	2.8
	190	2	0.84	0.29	0.4	1.6
	212	1	0.85	0.30	0.3	1.6
	212	2	0.84	0.30	0.3	1.4
<b>Liflere paralel</b>	KÖ	-	1.97	0.48	0.8	3.0
	190	2	1.08	0.33	0.7	1.9
	212	1	1.21	0.37	0.2	2.0
	212	2	1.21	0.36	0.6	1.9

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 :40.

Isıl işlem sonrası elde edilen parlaklık sonuçları en yüksek parlaklık değerleri sırası ile liflere dik yön ve liflere paralel yön olmak üzere 1,87 ve 1,97 olarak kontrol örneğinde belirlenmiştir. En düşük parlaklık değerleri liflere dik yönde 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 0,84 olarak, liflere paralel yönde 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 1,08 olarak belirlenmiştir.

Sapelli odununda ısıl işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 3.66'da verilmiştir.

**Çizelge 3.66.** Sapelli odunu ısıtım işlem sonrası parlaklık değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
<b>Liflere dik</b>	Gruplar içi	15.354	156	0.098		
	Gruplar arası	31.473	3	10.491	106.588	0.000
	Toplam	46.827	159			
<b>Liflere paralel</b>	Gruplar içi	24.585	156	0.158		
	Gruplar arası	19.634	3	6.545	41.528	0.000
	Toplam	44.219	159			

(\*)  $P \leq 0.05$

Çizelge 3.66'de kontrol örneği ile ısıtım işlem görmüş test örneği parlaklık değerlerinin BVA sonuçlarına göre, liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri Çizelge 3.67'da verilmiştir.

**Çizelge 3.67.** Sapelli odunu ısıtım işlem sonrası parlaklığa ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

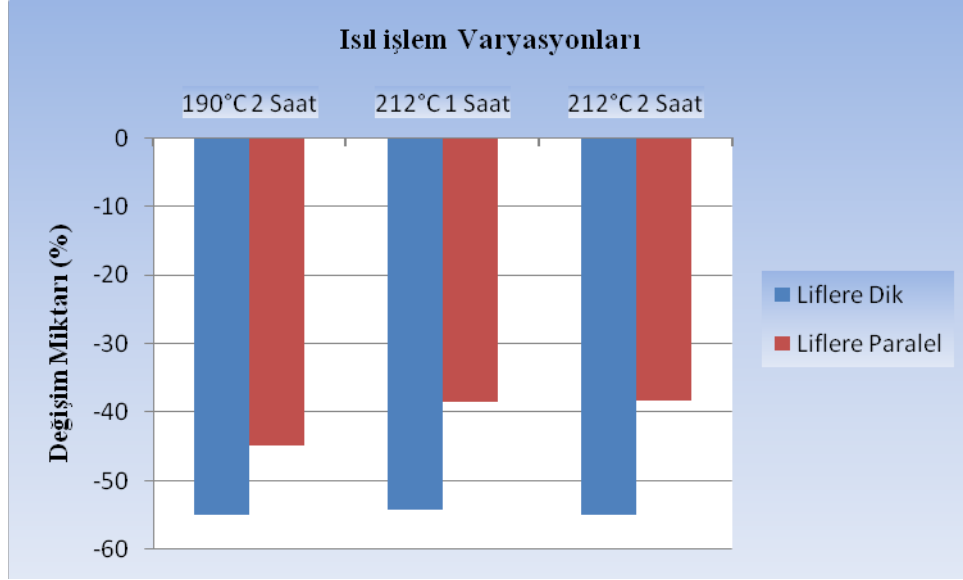
	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
<b>Liflere dik</b>	KÖ	-	1.87	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*1.0275	190 2-212 1	-0.0125
	190	2	0.84	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*1.0150	190 2-212 2	0.0025
	212	1	0.85	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*1.0300	212 1-212 2	0.0150
	212	2	0.84	<b>a</b>				
<b>Liflere paralel</b>	KÖ	-	1.97	<b>b</b>	KÖ - 190 2	*0.8850	190 2-212 1	-0.1250
	190	2	1.08	<b>a</b>	KÖ - 212 1	*0.7600	190 2-212 2	-0.1300
	212	1	1.21	<b>a</b>	KÖ - 212 2	*0.7550	212 1-212 2	-0.0050
	212	2	1.21	<b>a</b>				

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

Duncan testi sonuçlarına göre liflere dik ve liflere paralel parlaklık değerlerinde kontrol örneği ile ısıtım işlem görmüş test örneği arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Ancak duncan testi sonuçlarına göre liflere dik yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, liflere paralel yönde; 190°C 2 saat ile 212°C 1 saat varyasyonunda, 190°C 2 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda, 212°C 1 saat ile 212°C 2 saat varyasyonunda kendi içlerinde herhangi bir farklılık bulunamamıştır.

Etkileşim sonuçlarına göre, ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere dik yönde; 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1.03, en küçük 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 1.01, ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük parlaklık değeri farkı liflere paralel yönde; 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0.88, en küçük 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 0.76 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.67).



**Şekil 3.24.** Sapelli odunu ısıtım işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre parlaklık değişimi (%).

ThermoWood yöntemi ile ısıtım işlem uygulanmış Kestane, Akçaağaç, Iroko, Sapelli odunlarında parlaklık değerinin azaldığı görülmüştür. Yüksek ısıtım işlem sıcaklığı ve uzun ısıtım işlem uygulamalarında parlaklık değerindeki azalma miktarının arttığı şekillerdeki oransal değişimlerden anlaşılmaktadır.

Aksoy ve diğ.(2011), yaptıkları çalışmada ısıtım işlem 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.

Isıtım işlem sonrası Kestane, Akçaağaç, Iroko, Sapelli odunlarındaki parlaklık azalması hücre çeperi ana bileşenlerinin değişiminden kaynaklanmış olabilir. Özellikle ısıtım işlem sıcaklığına bağlı olarak hemiselüloz miktarındaki kayıpların artması ve yüzey pürüzlülüğündeki değişme ağaç malzemedeki parlaklık kaybına yol açmış olabilir.

### 3.1.5. Renk

Renk değerlerine ilişkin bulgular ısıtma işlem ve yaşlandırma sonrası olmak üzere incelenmiştir. İlk olarak kontrol örneğine göre ısıtma işlem görmüş test örneklerinin renk parlaklığı değişimi ( $L^*$ ), kırmızı renk tonu değişimi ( $a^*$ ), sarı renk tonu değişimi ( $b^*$ ) ve toplam renk farklılığı değişimi ( $\Delta E^*$ ) incelendi.

İkinci olarak yaşlandırma uygulanmamış kontrol örneği, 190°C-2, 212°C-1, 212°C-2 varyasyonları ile 144 saat yaşlandırma uygulanmış kontrol örneği, 190°C-2, 212°C-1, 212°C-2 varyasyonlarının renk parlaklığı değişimi ( $L^*$ ), kırmızı renk tonu değişimi ( $a^*$ ), sarı renk tonu değişimi ( $b^*$ ) ve toplam renk farklılığı değişimi ( $\Delta E^*$ ) incelendi.

#### 3.1.5.1. Isıtma İşlem Sonrası Renk

Isıtma işlem uygulaması sonrasında kestane odununda ısıtma işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğine ait istatistiksel veriler Çizelge 3.68'de birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.68.** Isıtma işlem sonrası kestane odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	K <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	$\bar{X}$	SS	ED	EY
L*	190	2	73.41	52.88	-20.53	1.23	-22.15	-19.16
	212	1	73.41	39.18	-34.23	0.78	-35.05	-33.42
	212	2	73.41	36.11	-37.30	1.23	-38.53	-36.16
a*	190	2	7.02	8.72	1.69	0.10	1.58	1.84
	212	1	7.02	7.02	0.00	0.25	-0.35	0.26
	212	2	7.02	6.95	-0.07	0.45	-0.48	0.45
b*	190	2	17.99	20.14	2.15	0.84	1.12	3.19
	212	1	17.99	13.00	-4.99	0.51	-5.53	-4.46
	212	2	17.99	12.60	-5.39	0.82	-6.11	-4.66
$\Delta E^*$	190	2	-	-	20.73	1.14	19.49	22.25
	212	1	-	-	34.59	0.84	33.74	35.48
	212	2	-	-	37.69	1.33	36.46	39.01

T : Isıtma işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), K<sub>0</sub> : Kontrol ölçümü değeri, S<sub>0</sub>: Son ölçüm değeri,  $\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20

Kestane odununda ısıtma işlem sonrası ısıtma işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük  $L^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -20,53, en küçük  $L^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -37,30 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $a^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1,69, en küçük  $a^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -0,07 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $b^*$  değeri 190°C ve 2 saat 2,15, en küçük  $b^*$  değeri ise varyasyonunda 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -5,39 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -20,73, en küçük  $\Delta E^*$  değeri ise 190°C ve 2 saat varyasyonunda -37,69 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve Çizelge 3.69’da verilmiştir.

**Çizelge 3.69.** Isıl işlem sonrası kestane odununun  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Kestane Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri **</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	10.950	9	1.217		
	Gruplar arası	637.594	2	318.797	262.033	0.000
	Toplam	648.544	11			
<b>a*</b>	Gruplar içi	0.849	9	0.094		
	Gruplar arası	7.992	2	3.996	42.380	0.000
	Toplam	8.841	11			
<b>b*</b>	Gruplar içi	4.958	9	0.551		
	Gruplar arası	144.478	2	72.239	131.135	0.000
	Toplam	149.436	11			
<b><math>\Delta E^*</math></b>	Gruplar içi	11.415	9	1.268		
	Gruplar arası	652.658	2	326.329	257.282	0.000
	Toplam	664.073	11			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

Isıl işlem uygulaması sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerinin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu, anlaşılmıştır.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ile etkileşim değerleri Çizelge 3.70’te verilmiştir.

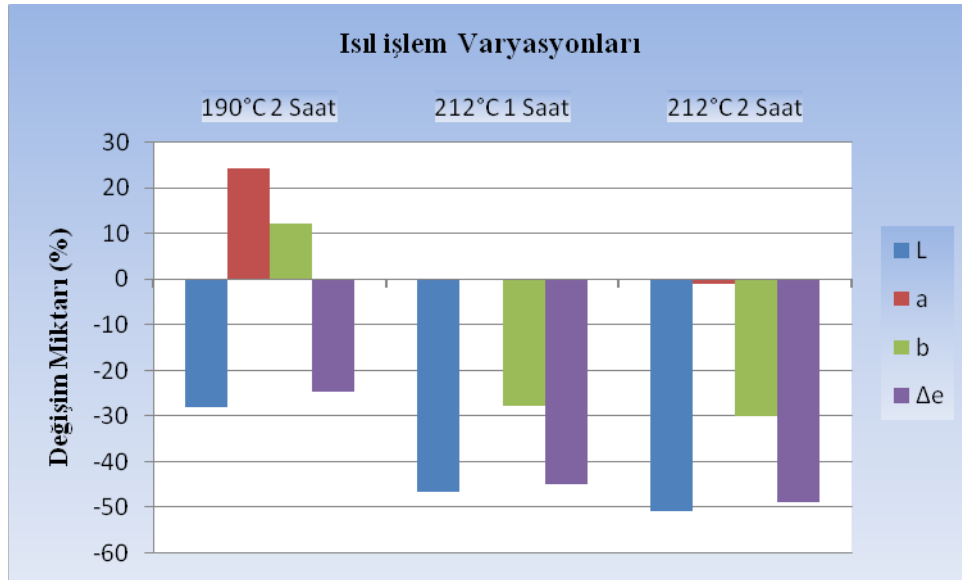
**Çizelge 3.70.** Kestane odununun ısıtılma işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
$L^*$	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-13.697**
	190	2	-20.53	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-16.767**
	212	1	-34.23	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	13.697**
	212	2	-37.30	<b>c</b>				
$a^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-1.692**
	190	2	1.69	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-1.767**
	212	1	0.00	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	1.692**
	212	2	-0.07	<b>b</b>				
$b^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-7.152**
	190	2	2.15	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-7.552**
	212	1	-4.99	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	7.152**
	212	2	-5.39	<b>b</b>				
$\Delta E^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-13.862**
	190	2	20.73	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-16.962**
	212	1	34.59	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	13.862**
	212	2	37.69	<b>c</b>				

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

Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların  $L^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*$ ,  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.70).

Isıl işlem sonrası kestane odununda  $\Delta E^*$  değerleri ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinde kontrol örneğine göre değişim oranları ile Şekil 3.25’de verilmiştir.



**Şekil 3.25.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre kestane odununda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .



Isıl işlem uygulaması sonrasında akçaağaç odununda ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğine ait istatistiksel veriler Çizelge 3.71’de birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.71.** Isıl işlem sonrası akçaağaç odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	K <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	$\bar{X}$	SS	ED	EY
<b>L*</b>	190	2	76.87	54.13	-22.73	0.97	-23.62	-21.46
	212	1	76.87	56.71	-20.95	1.76	-22.48	-19.06
	212	2	76.87	44.56	-32.30	0.59	-33.14	-31.82
<b>a*</b>	190	2	6.07	11.60	5.54	0.14	5.40	5.70
	212	1	6.07	10.46	4.40	0.40	4.05	4.97
	212	2	6.07	11.27	5.20	0.28	4.90	5.56
<b>b*</b>	190	2	16.67	24.10	7.42	0.20	7.19	7.68
	212	1	16.67	23.25	6.57	0.15	6.36	6.69
	212	2	16.67	20.61	3.94	0.53	3.15	4.32
<b><math>\Delta E^*</math></b>	190	2	-	-	24.55	0.83	23.48	25.28
	212	1	-	-	22.42	1.68	20.60	23.95
	212	2	-	-	32.96	0.53	32.48	33.71

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), K<sub>0</sub> : Kontrol ölçümü değeri, S<sub>0</sub>: Son ölçüm değeri,  $\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20

Akçaağaç odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük L\* değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda -20,95, en küçük L\* değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -32,30 olarak belirlenmiştir.

En büyük a\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 5,54, en küçük a\* değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 4,40 olarak belirlenmiştir.

En büyük b\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 7,42, en küçük b\* değeri ise 212°C ve 2 saat varyasyonunda 3,94 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 32,96, en küçük  $\Delta E^*$  değeri ise 212°C ve 1 saat varyasyonunda 22,42 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve Çizelge 3.72’de verilmiştir.

**Çizelge 3.72.** Isıl işlem sonrası akçaağaç odununun L\*, a\*, b\* ve ΔE\* değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Akçaağaç Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri **
<b>L*</b>	Gruplar içi	13.313	9	1.479		
	Gruplar arası	297.489	2	148.745	100.559	0.000
	Toplam	310.802	11			
<b>a*</b>	Gruplar içi	0.808	9	0.090		
	Gruplar arası	2.743	2	1.372	15.274	0.001
	Toplam	3.552	11			
<b>b*</b>	Gruplar içi	1.064	9	0.118		
	Gruplar arası	26.415	2	13.207	111.716	0.000
	Toplam	27.479	11			
<b>ΔE*</b>	Gruplar içi	11.494	9	1.277		
	Gruplar arası	248.461	2	124.230	97.274	0.000
	Toplam	259.955	11			

(\*\*) P≤0.05

Isıl işlem uygulaması sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin L\*, b\* ve ΔE\* değerlerinin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu, a\* değerlerinde ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı anlaşılmıştır.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ile etkileşim değerleri Çizelge 3.73’de verilmiştir.

**Çizelge 3.73.** Akçaağaç odununun ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında L\*, a\*, b\* ve ΔE\* etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
<b>L*</b>	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	1.762
	190	2	-22.73	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-9.570**
	212	1	-20.97	<b>a</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	-1.762
	212	2	-32.30	<b>b</b>				
<b>a*</b>	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-1.140**
	190	2	5.54	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-0.337
	212	1	4.40	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	1.140**
	212	2	5.20	<b>a</b>				
<b>b*</b>	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-0.850**
	190	2	7.42	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-3.485**
	212	1	6.57	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	0.850**
	212	2	3.94	<b>c</b>				
<b>ΔE*</b>	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	2.131
	190	2	24.55	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-8.408**
	212	1	22.42	<b>a</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	-2.131
	212	2	32.96	<b>b</b>				

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

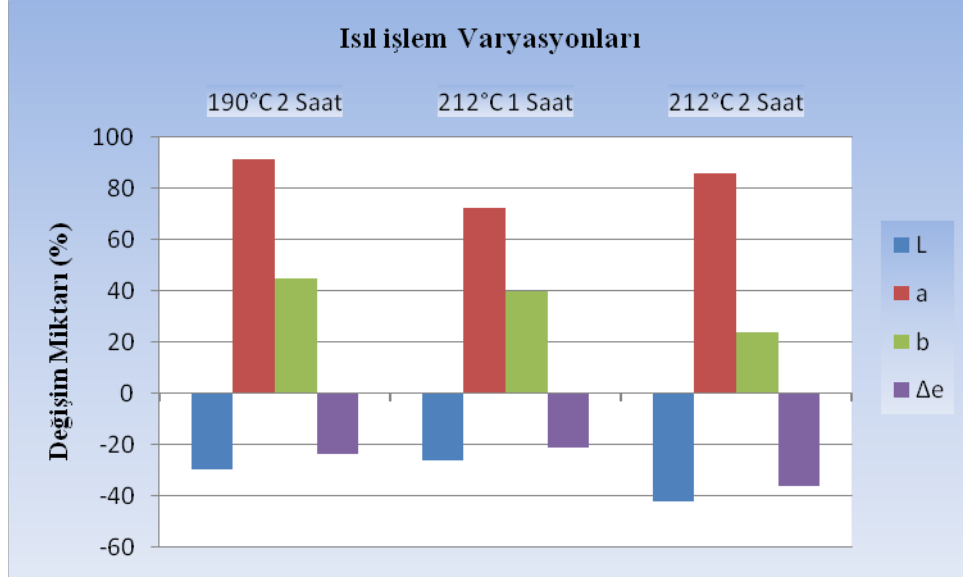
Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 2 saat varyasyonları  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonları ve 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $L^*$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

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 1 saat varyasyonları ve 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonları  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların  $b^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.73).

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonları ve 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Isıl işlem sonrası akçaağaç odununda  $\Delta E^*$  değerleri ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinde kontrol örneğine göre değişim oranları ile Şekil 3.26'de verilmiştir.



**Şekil 3.26.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre akçaağaç odununda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

Isıl işlem uygulaması sonrasında iroko odununda ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğine ait istatistiksel veriler Çizelge 3.74'te birlikte verilmiştir.

**Çizelge 3.74.** Isıl işlem sonrası iroko odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_0$	$S_0$	$\bar{X}$	SS	ED	EY
$L^*$	190	2	53.46	54.26	0.80	2.01	-1.71	2.48
	212	1	53.46	42.55	-10.91	1.91	-12.28	-9.38
	212	2	53.46	42.77	-10.69	1.21	-11.90	-9.63
$a^*$	190	2	9.31	11.10	1.78	0.24	1.51	2.10
	212	1	9.31	11.40	2.09	0.05	2.04	2.17
	212	2	9.31	10.44	1.12	0.52	0.57	1.63
$b^*$	190	2	21.46	25.42	3.96	0.91	2.86	4.80
	212	1	21.46	19.11	-2.35	0.36	-2.83	-2.02
	212	2	21.46	17.55	-3.91	1.19	-5.35	-2.80
$\Delta E^*$	190	2	-	-	4.75	0.92	3.94	5.63
	212	1	-	-	11.36	1.18	9.83	12.69
	212	2	-	-	11.46	1.49	10.16	13.06

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $K_0$  : Kontrol ölçümü değeri,  $S_0$ : Son ölçüm değeri,  $\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20

Iroko odununda ısıl işlem sonrası ısıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük  $L^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 0,80, en küçük  $L^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda -10,91 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $a^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda 2,09, en küçük  $a^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 1,12 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $b^*$  değeri 190°C ve 2 saat varyasyonunda 3,96, en küçük  $b^*$  değeri ise 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -3,91 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 11,46, en küçük  $\Delta E^*$  değeri ise 190°C ve 2 saat varyasyonunda 4,75 olarak belirlenmiştir.

Isıl işlem sonrasında ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve Çizelge 3.75'te verilmiştir.

**Çizelge 3.75.** Isıl işlem sonrası iroko odununun  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Iroko Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri **</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	20.884	9	2.320		
	Gruplar arası	358.773	2	179.387	77.306	0.000
	Toplam	379.658	11			
<b>a*</b>	Gruplar içi	1.018	9	0.113		
	Gruplar arası	1.946	2	0.973	8.602	0.008
	Toplam	2.965	11			
<b>b*</b>	Gruplar içi	7.213	9	0.801		
	Gruplar arası	138.978	2	69.489	86.706	0.000
	Toplam	146.191	11			
<b><math>\Delta E^*</math></b>	Gruplar içi	13.392	9	1.488		
	Gruplar arası	118.394	2	59.197	39.782	0.000
	Toplam	131.787	11			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

Isıl işlem uygulaması sonrası ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerinin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu,  $a^*$  değerlerinde ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı anlaşılmıştır.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ile etkileşim değerleri Çizelge 3.76'da verilmiştir.

**Çizelge 3.76.** Iroko odununun ısıtma işlemi görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
$L^*$	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-11.710**
	190	2	0.80	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-11.485**
	212	1	-10.91	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	0.225
	212	2	-10.69	<b>b</b>				
$a^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	0.305
	190	2	1.78	<b>ab</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-0.660
	212	1	2.09	<b>a</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	-0.965**
	212	2	1.12	<b>b</b>				
$b^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-6.310**
	190	2	3.96	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-7.872**
	212	1	-2.35	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	-1.562
	212	2	-3.91	<b>b</b>				
$\Delta E^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-6.609**
	190	2	4.75	<b>a</b>	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-6.715**
	212	1	11.36	<b>b</b>	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	-0.106
	212	2	11.46	<b>b</b>				

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

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 1 saat varyasyonları ile 190°C sıcaklık 2 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlemi görmüş varyasyonları  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir.

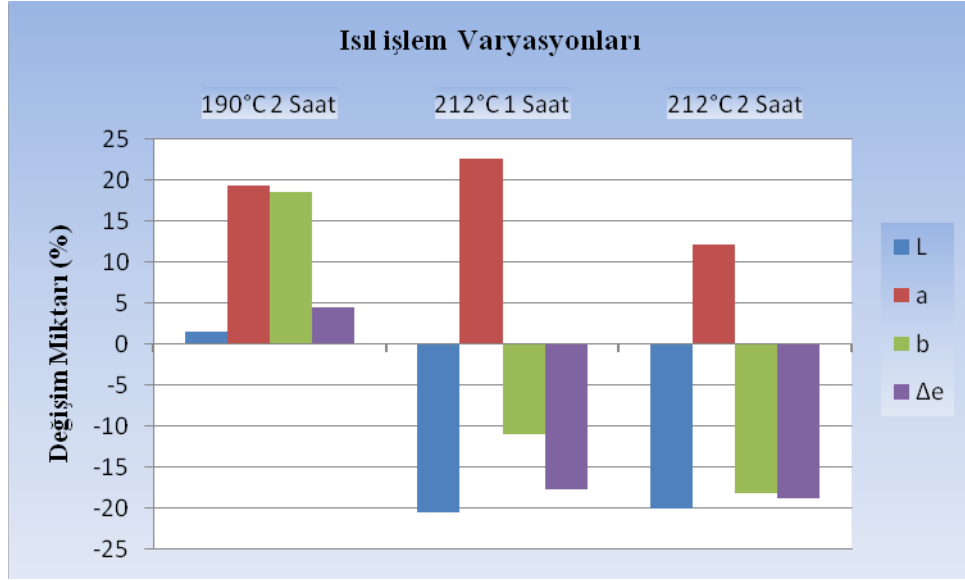
Duncan testi sonuçlarına göre 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 1 saat varyasyonları ile 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 2 saat varyasyonları  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 1 saat varyasyonları ile 190°C sıcaklık 2 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlemi görmüş varyasyonları  $b^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $b^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C ve 1 saat varyasyonları ile 190°C sıcaklık 2 saat ve 212°C sıcaklık 2 saat ısıtma işlemi görmüş varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 212°C sıcaklık 1

saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Isıl işlem sonrası iroko odununda  $\Delta E^*$  değerleri ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinde kontrol örneğine göre değişim oranları ile Şekil 3.27’de verilmiştir.



Şekil 3.27. Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre iroko odununda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

Isıl işlem uygulaması sonrasında sapelli odununda ısıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğine ait istatistiksel veriler Çizelge 3.77’de birlikte verilmiştir.

Çizelge 3.77. Isıl işlem sonrası sapelli odununun renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$K_0$	$S_0$	$\bar{X}$	SS	ED	EY
$L^*$	190	2	54.25	40.11	-14.14	1.23	-15.34	-12.90
	212	1	54.25	37.00	-17.24	1.14	-18.71	-16.29
	212	2	54.25	34.77	-19.48	0.35	-19.81	-19.15
$a^*$	190	2	12.78	12.02	-0.76	0.41	-1.16	-0.39
	212	1	12.78	10.51	-2.27	0.32	-2.59	-1.94
	212	2	12.78	10.51	-2.26	0.34	-2.69	-1.85
$b^*$	190	2	19.70	15.97	-3.73	0.85	-4.62	-2.93
	212	1	19.70	13.64	-6.06	0.67	-6.88	-5.36
	212	2	19.70	13.23	-6.46	0.40	-6.92	-5.93
$\Delta E^*$	190	2	-	-	14.65	1.43	13.23	16.05
	212	1	-	-	18.42	1.32	17.26	20.10
	212	2	-	-	20.65	0.47	20.13	21.12

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $K_0$  : Kontrol ölçümü değeri,  $S_0$ : Son ölçüm değeri,  $\bar{X}$  : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek sayısı: 20

Sapelli odununda ısıtıl işlem sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneğinde kontrol örneğine göre en büyük  $L^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -14,14, en küçük  $L^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -19,48 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $a^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -0,76, en küçük  $a^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat varyasyonunda -2,27 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $b^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda -3,73, en küçük  $b^*$  değeri ise 212°C ve 2 saat varyasyonunda -6,46 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat varyasyonunda 20,65, en küçük  $\Delta E^*$  değeri ise 190°C ve 2 saat varyasyonunda 14,65 olarak belirlenmiştir.

Isıtıl işlem sonrasında ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için BVA yapılmış ve Çizelge 3.78’de verilmiştir.

**Çizelge 3.78.** Isıtıl işlem sonrası sapelli odununun  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	Sapelli Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri **
$L^*$	Gruplar içi	8.907	9	0.990		
	Gruplar arası	57.586	2	28.793	29.095	0.000
	Toplam	66.493	11			
$a^*$	Gruplar içi	1.196	9	0.133		
	Gruplar arası	6.090	2	3.045	22.916	0.000
	Toplam	7.286	11			
$b^*$	Gruplar içi	4.057	9	0.451		
	Gruplar arası	17.397	2	8.699	19.297	0.001
	Toplam	21.454	11			
$\Delta E^*$	Gruplar içi	12.133	9	1.348		
	Gruplar arası	73.607	2	36.803	27.300	0.000
	Toplam	85.740	11			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

Isıtıl işlem uygulaması sonrası ısıtıl işlem görmüş test örneği ile kontrol örneğinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerinin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu,  $b^*$  değerlerinde ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olmadığı anlaşılmıştır.

Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi sonuçları ile etkileşim değerleri Çizelge 3.79’da verilmiştir.



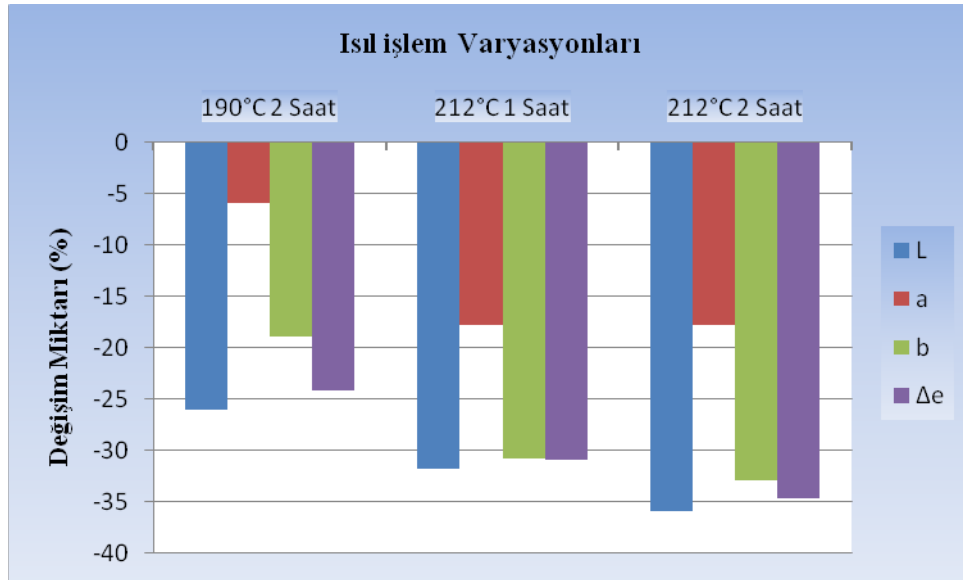
**Çizelge 3.79.** Sapelli odununun ısı işlem görmüş test örneği ile kontrol örneği arasında  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
$L^*$	-	-	-	-	KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-3.105**
	190	2	-14.14	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-5.342**
	212	1	-17.24	b	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	3.105**
	212	2	-19.48	c				
$a^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-1.515**
	190	2	-0.76	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-1.507**
	212	1	-2.27	b	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	1.515**
	212	2	-2.26	b				
$b^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-2.327**
	190	2	-3.73	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-2.732**
	212	1	-6.06	b	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	2.327**
	212	2	-6.46	b				
$\Delta E^*$	-	-	-		KÖ - 190 2	-	190 2-212 1	-3.768**
	190	2	14.65	a	KÖ - 212 1	-	190 2-212 2	-6.001**
	212	1	18.42	b	KÖ - 212 2	-	212 1-212 2	3.768**
	212	2	20.65	b				

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

Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların  $L^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*$ ,  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.79).

Isıl işlem sonrası sapelli odununda  $\Delta E^*$  değerleri ile  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinde kontrol örneğine göre değişim oranları ile Şekil 3.28'de verilmiştir.



**Şekil 3.28.** Isıl işlem sonrası kontrol örneğine göre sapelli odununda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

Isıl işlem odun renginde önemli oranda değişim meydana getirmiştir. Toplam renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ), ısı işlem sıcaklığı ve süresinin artışına bağlı olarak gittikçe koyulaşması şeklinde gerçekleşmiştir.

Ağaç malzemedeki " $\Delta E^*$ " ile ifade edilen toplam renk değişimi  $L^*$ ,  $a^*$  ile  $b^*$  değerlerinden hesap edilmektedir. Çakıcıer (2007)'e göre  $\Delta E^*$  nin düşük değerde olması, rengin değişmediği yada çok az değiştiğini göstermektedir. Elde olunan  $\Delta E^*$  değerlerine göre de renk değişiminin önemli olduğu görülmektedir.

Renk değişiminde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin hepsi etkili olmakla birlikte  $L^*$  değerlerinde oldukça fazla bir azalma dikkati çekmekte olup buradan hareketle  $\Delta E^*$  değişiminin öncelikle  $L^*$  değişiminden kaynaklandığı söylenebilir. Matsuo ve diğ. (2010) çalışmalarında ısı işlem sonrası doğal renge göre  $\Delta E^*$  değişimden 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), Çaliova (2011), Poncsak ve diğ. (2011) çalışmalarında benzer sonuçları ifade etmişlerdir.

Li ve diğ. (2011), douglas odununda 160,180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda 1, 2, 3 ve 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 ısı işlem uyguladıkları çalışmalarında renk değişimini araştırmışlardır. Sonuçta ısı işlem görmüş ağaç malzemedeki önemli sayılabilecek renk koyulaşması meydana geldiğini, bu renk değişiminin ekstraktifler, lignin ve hemiselülozda ısı işlem ile birlikte meydana gelen değişimlerle açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Isıl işlemle ağaç malzemedeki kütle kaybı ile  $\Delta E^*$  arasındaki ilişki araştırmışlar ve  $R^2=0.85$  düzeyinde bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Nuopponen'e göre ısı 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 ısı

işlem uygulanmış kerestelerde oluşan renk koyuluğu kullanımı sınırlar veya destekler. Literatürde ısıtma 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 ısıtma işlemde odun renginin koyulaştığını, ısıtma 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 ısıtma işlem sonucunda L\*, a\* ve b\* değerlerinde düşüş gözlemiştir. Bu durum ısıtma işlem görmüş odunun ışık etkisi altında renk değişimine uğradığı anlamına gelmektedir. Işık yayılımıyla foto termal olarak muamele edilen odunun rengi ısıtma işlemle iyileştirilebilmekte fakat gerekli önlemler alınmadığı sürece örneklerde istenmeyen renk değişimlerinin olabileceği söylenmektedir.

Chow and Mukai (1972), ısıtma işlem nedeniyle meydana gelen renk değişimiyle kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında ilişki olduğunu belirtmektedir. Hillis (1975), odunda ısıtma 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 ısıtma muamelesi boyunca kromofor oluşumuna sebebiyet verdiğini ve odunda renk değişiminin sebebinin de bu gruplar olduğunu belirtmektedirler (Sefil 2010, Çalıova 2011).

Isıtma işlem ile birlikte meydana gelen  $\Delta E^*$  sebepleri üzerine literatürde çeşitli yargılara varıldığı anlaşılmakla birlikte henüz kesin bir sonuç ortaya konulmamıştır. Yine de Iroko, Sapelli, Akçaağaç ve Kestane odunlarında ısıtma işlem ile oluşan  $\Delta E^*$  değişimi ile ilgili sebeplerin şunlar söylenebilir;

- Isıl işlem ile birlikte odunda meydana gelen kütle kaybı,
- Hemiselülozların hidrolizi,
- Hemiselüloz ve lignin ile ekstraktif maddelerin bozunması,
- Lignin miktarının göreceli artışı.

### 3.1.5.2. Yaşlandırma Sonrası Renk

- 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen renk değişimine ait istatistikler Çizelge 3.80’de verilmiştir.

**Çizelge 3.80.** 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$\dot{I}_0$	$S_0$	$\bar{X}$	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	73.41	73.89	0.48	0.38	0.03	0.88
	190	2	52.88	68.10	15.22	0.81	14.65	16.40
	212	1	39.18	59.27	20.09	0.85	19.10	21.19
	212	2	36.11	57.13	21.02	1.18	20.39	22.80
a*	KÖ	-	7.02	4.37	-2.65	0.23	-2.88	-2.34
	190	2	8.72	3.15	-5.56	0.29	-5.88	-5.31
	212	1	7.02	3.15	-3.87	0.44	-4.41	-3.32
	212	2	6.95	3.11	-3.84	0.48	-4.45	-3.43
b*	KÖ	-	17.99	13.02	-4.97	0.60	-5.53	-4.15
	190	2	20.14	10.20	-9.93	0.76	-10.38	-8.80
	212	1	13.00	7.92	-5.07	0.94	-5.95	-3.93
	212	2	12.60	7.04	-5.55	0.53	-6.07	-4.91
$\Delta E^*$	KÖ	-	-	-	5.66	0.66	4.76	6.25
	190	2	-	-	19.02	0.82	18.30	20.21
	212	1	-	-	21.09	1.08	19.78	22.45
	212	2	-	-	22.08	1.29	21.25	24.01

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $\dot{I}_0$  : İlk ölçümü değeri,  $S_0$ : 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 (Çizelge 3.80.), 144 saat yaşlandırma sonrası hesaplanan L\* değeri en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 21,02, en küçük kontrol örneğinde 0,48 olarak belirlenmiştir.

En büyük a\* değeri kontrol örneğinde -2,65, en küçük a\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -5,56 olarak belirlenmiştir.

En büyük b\* değeri kontrol örneğinde -4,97, en küçük b\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -9,93 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri, 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıtım işlem görmüş test örneğinde 22,08, en küçük  $\Delta E^*$  değeri kontrol örneğinde 5,66 olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.81.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.81.** 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Kestane Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri**</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	8.862	12	0.738		
	Gruplar arası	1082.247	3	360.749	488.500	0.000
	Toplam	1091.108	15			
<b>a*</b>	Gruplar içi	1.714	12	0.143		
	Gruplar arası	17.215	3	5.738	40.167	0.000
	Toplam	18.930	15			
<b>b*</b>	Gruplar içi	6.339	12	0.528		
	Gruplar arası	68.136	3	22.712	42.992	0.000
	Toplam	74.476	15			
<b><math>\Delta E^*</math></b>	Gruplar içi	11.981	12	0.998		
	Gruplar arası	701.118	3	233.706	234.078	0.000
	Toplam	713.099	15			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E^*$  değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.82.'de verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinde tüm varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.82.).

**Çizelge 3.82.** 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	0.48	c	KÖ - 190 2	14.745**	190 2-212 1	4.865**
	190	2	15.22	b	KÖ - 212 1	19.610**	190 2-212 2	5.800**
	212	1	20.09	a	KÖ - 212 2	20.545**	212 1-212 2	0.935
	212	2	21.02	a				
a*	KÖ	-	-2.65	a	KÖ - 190 2	-2.912**	190 2-212 1	1.687**
	190	2	-5.56	c	KÖ - 212 1	-1.225**	190 2-212 2	1.722**
	212	1	-3.87	b	KÖ - 212 2	-1.190**	212 1-212 2	0.035
	212	2	-3.84	b				
b*	KÖ	-	-4.97	a	KÖ - 190 2	-4.967**	190 2-212 1	4.865**
	190	2	-9.93	b	KÖ - 212 1	-0.102	190 2-212 2	4.382**
	212	1	-5.07	a	KÖ - 212 2	-0.585	212 1-212 2	-0.482
	212	2	-5.55	a				
$\Delta E^*$	KÖ	-	5.66	a	KÖ - 190 2	-13.364**	190 2-212 1	-2.065
	190	2	19.02	b	KÖ - 212 1	-15.429**	190 2-212 2	-3.061**
	212	1	21.09	bc	KÖ - 212 2	-16.425**	212 1-212 2	-0.995
	212	2	22.08	c				

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

Duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları L\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları L\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

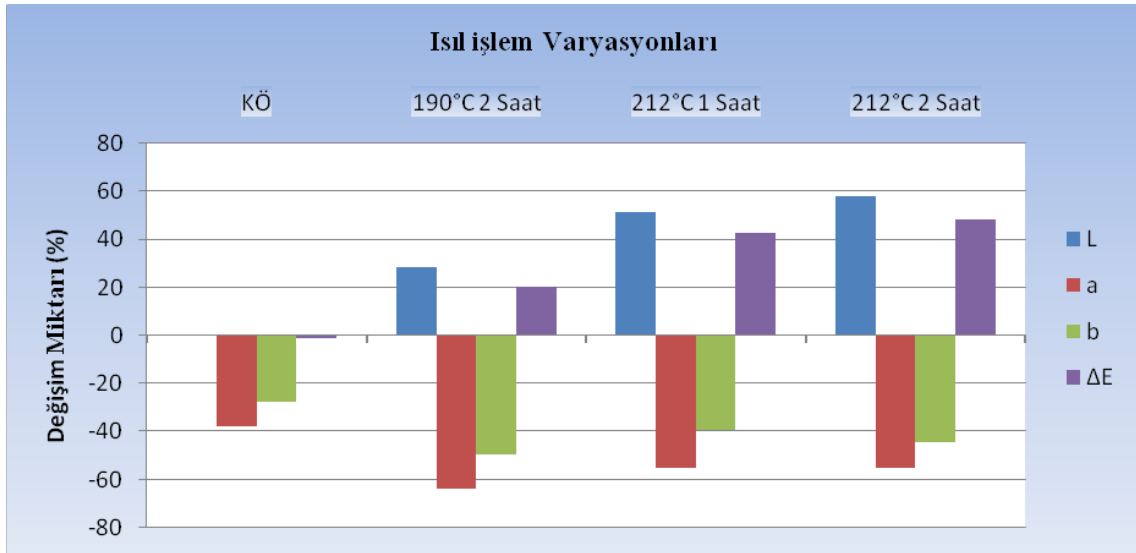
Duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 212°C

sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir., 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda L\*, a\* ve b\* renk değişimi oranları ve  $\Delta E^*$  Şekil 3.29.'da verilmiştir.



Şekil 3.29. 144 saat yaşlandırma sonrası kestane odununda L\*, a\*, b\* değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

- 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen renk değişimine ait istatistikler Çizelge 3.83'te verilmiştir.

**Çizelge 3.83.** 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$I_0$	$S_0$	$\bar{X}$	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	76.88	79.58	2.70	0.84	2.06	3.94
	190	2	54.13	73.54	19.41	1.29	17.99	20.84
	212	1	56.71	73.62	16.90	1.59	15.74	19.26
	212	2	44.56	68.27	23.71	0.75	23.00	24.40
a*	KÖ	-	6.07	4.04	-2.03	0.33	-2.43	-1.63
	190	2	11.60	3.44	-8.16	0.20	-8.32	-7.89
	212	1	10.46	4.02	-6.44	0.50	-7.19	-6.10
	212	2	11.27	2.90	-8.36	0.32	-8.83	-8.10
b*	KÖ	-	16.67	12.92	-3.75	0.73	-4.32	-2.67
	190	2	24.10	10.01	-14.08	0.48	-14.76	-13.61
	212	1	23.25	11.37	-11.87	0.28	-12.14	-11.48
	212	2	20.61	7.48	-13.13	0.85	-13.95	-12.09
$\Delta E^*$	KÖ	-	-	-	5.07	1.00	3.75	6.15
	190	2	-	-	25.34	0.92	24.22	26.47
	212	1	-	-	21.65	1.50	20.68	23.88
	212	2	-	-	28.37	0.80	27.56	29.46

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $I_0$  : İlk ölçümü değeri,  $S_0$ : 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 (Çizelge 3.95.), 144 saat yaşlandırma sonrası hesaplanan L\* değeri en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 23,71, en küçük kontrol örneğinde 2,70 olarak belirlenmiştir.

En büyük a\* değeri kontrol örneğinde -2,03, en küçük a\* değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -8,36 olarak belirlenmiştir.

En büyük b\* değeri kontrol örneğinde -3,75, en küçük b\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -14,08 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 28,37, en küçük  $\Delta E^*$  değeri kontrol örneğinde 5,07 olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.84.'te verilmiştir.



**Çizelge 3.84.** 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Akçaağaç Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri**</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	16.576	12	1.381		
	Gruplar arası	993.240	3	331.080	239.685	0.000
	Toplam	1009.815	15			
<b>a*</b>	Gruplar içi	1.549	12	0.129		
	Gruplar arası	103.871	3	34.624	268.153	0.000
	Toplam	105.420	15			
<b>b*</b>	Gruplar içi	4.754	12	0.396		
	Gruplar arası	268.207	3	89.402	225.650	0.000
	Toplam	272.961	15			
<b><math>\Delta E^*</math></b>	Gruplar içi	14.332	12	1.194		
	Gruplar arası	1296.592	3	432.197	361.876	0.000
	Toplam	1310.924	15			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinin değişimine ilişkin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.85.'te verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinde tüm varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.85.).

**Çizelge 3.85.** 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	2.70	d	KÖ - 190 2	16.707**	190 2-212 1	-2.505**
	190	2	19.41	b	KÖ - 212 1	14.202**	190 2-212 2	4.300**
	212	1	16.90	c	KÖ - 212 2	21.007**	212 1-212 2	6.805**
	212	2	23.71	a				
a*	KÖ	-	-2.03	a	KÖ - 190 2	-6.132**	190 2-212 1	1.715**
	190	2	-8.16	c	KÖ - 212 1	-4.417**	190 2-212 2	-0.200
	212	1	-6.44	b	KÖ - 212 2	-6.332**	212 1-212 2	-1.915**
	212	2	-8.36	c				
b*	KÖ	-	-3.75	a	KÖ - 190 2	-10.335**	190 2-212 1	2.207**
	190	2	-14.08	c	KÖ - 212 1	-8.127**	190 2-212 2	0.955
	212	1	-11.87	b	KÖ - 212 2	-9.380**	212 1-212 2	-1.252
	212	2	-13.13	bc				
$\Delta E^*$	KÖ	-	5.07	a	KÖ - 190 2	-20.273**	190 2-212 1	3.695**
	190	2	25.34	c	KÖ - 212 1	-16.578**	190 2-212 2	-3.024**
	212	1	21.65	b	KÖ - 212 2	-23.297**	212 1-212 2	-6.719**
	212	2	28.37	d				

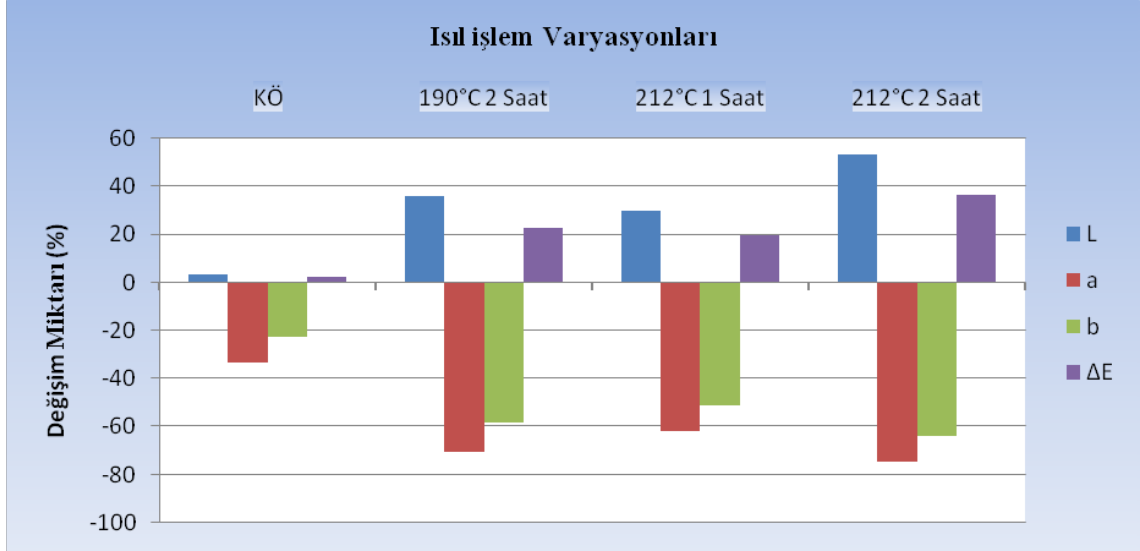
(\*\*)  $P \leq 0.05$  düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda L\*, a\* ve b\* renk değişimi oranları ve  $\Delta E^*$  Şekil 3.30.'da verilmiştir.



**Şekil 3.30.** 144 saat yaşlandırma sonrası akçaağaç odununda L\*, a\*, b\* değişimi (%) ve ΔE\*.

- 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen renk değişimine ait istatistikler Çizelge 3.86'da verilmiştir.

**Çizelge 3.86.** 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve ΔE\* renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	İ <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	$\bar{X}$	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	53.46	64.15	10.68	0.98	9.77	11.70
	190	2	54.26	64.95	10.69	0.68	10.08	11.56
	212	1	42.55	56.69	14.14	0.66	13.32	14.92
	212	2	42.77	59.88	17.11	0.72	16.23	17.99
a*	KÖ	-	9.31	4.87	-4.44	0.26	-4.70	-4.22
	190	2	11.10	5.02	-6.08	0.29	-6.38	-5.82
	212	1	11.40	5.77	-5.63	0.48	-6.09	-5.05
	212	2	10.44	5.32	-5.12	0.81	-5.94	-4.28
b*	KÖ	-	21.46	11.04	-10.42	1.07	-11.12	-8.86
	190	2	25.42	9.98	-15.44	1.30	-16.93	-13.84
	212	1	19.11	10.38	-8.73	0.96	-9.52	-7.46
	212	2	17.55	10.07	-7.48	1.27	-8.98	-5.96
ΔE*	KÖ	-	-	-	15.59	1.23	13.96	16.80
	190	2	-	-	19.74	1.44	18.16	21.47
	212	1	-	-	17.55	1.14	16.08	18.68
	212	2	-	-	19.37	1.33	17.81	20.97

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), İ<sub>0</sub> : İlk ölçümü değeri, S<sub>0</sub>: 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 (Çizelge 3.86), 144 saat yaşlandırma sonrası L\* değeri en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 17,11, en küçük kontrol örneğinde 10,68 olarak belirlenmiştir.

En büyük a\* değeri kontrol örneğinde -4,44, en küçük a\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde -6,08 olarak belirlenmiştir.

En büyük b\* değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde -7,48, en küçük b\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde -15,44 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısı işlem görmüş test örneğinde 19,74, en küçük  $\Delta E^*$  değeri kontrol örneğinde 15,59 olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.87.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.87.** 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Iroko Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri**</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	7.240	12	0.603		
	Gruplar arası	114.654	3	38.218	63.342	0.000
	Toplam	121.894	15			
<b>a*</b>	Gruplar içi	3.173	12	0.264		
	Gruplar arası	5.899	3	1.966	7.437	0.004
	Toplam	9.037	15			
<b>b*</b>	Gruplar içi	16.273	12	1.356		
	Gruplar arası	146.841	3	48.947	36.096	0.000
	Toplam	163.114	15			
<b><math>\Delta E^*</math></b>	Gruplar içi	20.085	12	1.674		
	Gruplar arası	43.621	3	14.540	8.687	0.002
	Toplam	63.706	15			

(\*\*)  $P \leq 0.05$

144 saat yaşlandırma sonrası L\* değeri ve b\* değeri değişimine ilişkin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu, a\* değeri ve  $\Delta E^*$  değerlerinde ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı anlaşılmıştır.

L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.88'de verilmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası L\*, a\* b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.88).

**Çizelge 3.88.** 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	10.69	c	KÖ - 190 2	0.002	190 2-212 1	3.442**
	190	2	10.69	c	KÖ - 212 1	3.445**	190 2-212 2	6.407**
	212	1	14.14	b	KÖ - 212 2	6.410**	212 1-212 2	2.965**
	212	2	17.11	a				
a*	KÖ	-	-4.44	a	KÖ - 190 2	-1.630**	190 2-212 1	0.440
	190	2	-6.08	b	KÖ - 212 1	-1.190**	190 2-212 2	0.955
	212	1	-5.63	b	KÖ - 212 2	-0.675	212 1-212 2	0.515
	212	2	-5.12	ab				
b*	KÖ	-	-10.42	b	KÖ - 190 2	-5.020**	190 2-212 1	6.715**
	190	2	-15.44	c	KÖ - 212 1	1.695	190 2-212 2	7.965**
	212	1	-8.73	ab	KÖ - 212 2	2.945**	212 1-212 2	1.250
	212	2	-7.48	a				
$\Delta E^*$	KÖ	-	15.59	a	KÖ - 190 2	-4.150**	190 2-212 1	2.194
	190	2	19.74	b	KÖ - 212 1	-1.955	190 2-212 2	0.369
	212	1	17.55	ab	KÖ - 212 2	-3.780**	212 1-212 2	-1.824
	212	2	19.37	b				

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

Duncan testi sonuçlarına göre, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları L\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat varyasyonları L\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

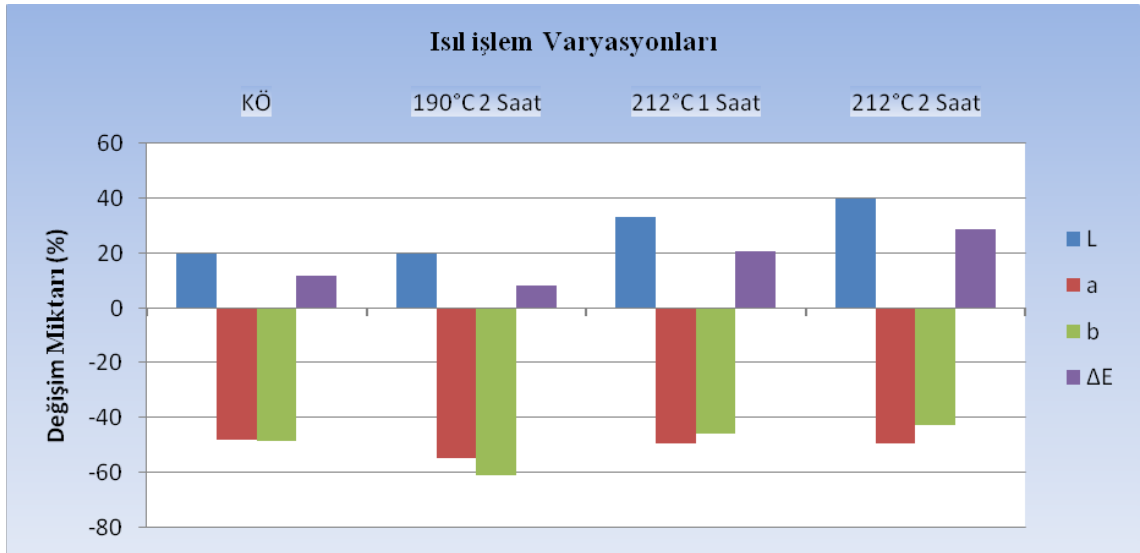
Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, 212°C

sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenememiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda L\*, a\* ve b\* renk değişimi oranları ve  $\Delta E^*$  Şekil 3.31’te verilmiştir.



Şekil 3.31. 144 saat yaşlandırma sonrası iroko odununda L\*, a\*, b\* değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

- 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen renk değişimine ait istatistikler Çizelge 3.89’da verilmiştir.

**Çizelge 3.89.** 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E^*$  renk değerlerine ilişkin istatistikler.

	T	Z	$I_0$	$S_0$	$\bar{X}$	SS	ED	EY
L*	KÖ	-	54.25	56.19	1.94	0.29	1.67	2.26
	190	2	40.11	49.47	9.35	0.59	8.56	10.01
	212	1	37.00	52.43	15.43	0.80	14.64	16.49
	212	2	34.77	51.86	17.09	0.21	16.82	17.31
a*	KÖ	-	12.77	6.83	-5.94	0.18	-6.13	-5.73
	190	2	12.02	5.52	-6.50	0.04	-6.57	-6.46
	212	1	10.51	4.94	-5.56	0.25	-5.83	-5.30
	212	2	10.51	4.41	-6.10	0.36	-6.52	-5.65
b*	KÖ	-	19.70	11.35	-8.35	0.18	-8.57	-8.16
	190	2	15.97	8.07	-7.90	0.39	-8.40	-7.50
	212	1	13.64	8.28	-5.36	0.56	-5.96	-4.82
	212	2	13.23	8.13	-5.10	0.20	-5.35	-4.87
$\Delta E^*$	KÖ	-	-	-	10.43	0.29	10.18	10.78
	190	2	-	-	13.87	0.23	13.63	14.13
	212	1	-	-	17.27	0.49	16.85	17.98
	212	2	-	-	18.86	0.30	18.48	19.16

T : Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat),  $I_0$  : İlk ölçümü değeri,  $S_0$ : 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 (Çizelge 3.89.), 144 saat yaşlandırma sonrası hesaplanan L\* değeri en büyük 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 17,09, en küçük kontrol örneğinde 1,94 olarak belirlenmiştir.

En büyük a\* değeri 212°C sıcaklık ve 1 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -5,56, en küçük a\* değeri 190°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -6,50 olarak belirlenmiştir.

En büyük b\* değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde -5,10, en küçük b\* değeri kontrol örneğinde -8,35 olarak belirlenmiştir.

En büyük  $\Delta E^*$  değeri 212°C sıcaklık ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneğinde 18,86, en küçük  $\Delta E^*$  değeri kontrol örneğinde 10,43 olarak belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerleri arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan BVA sonuçları Çizelge 3.90.'da verilmiştir.

**Çizelge 3.90.** 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen L\*, a\*, b\* ve ΔE\* renk değerlerine ilişkin BVA sonuçları.

	<b>Sapelli Odunu BVA</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler ortalaması</b>	<b>F hesap</b>	<b>P değeri**</b>
<b>L*</b>	Gruplar içi	3.429	12	0.286		
	Gruplar arası	565.829	3	188.610	660.037	0.000
	Toplam	569.258	15			
<b>a*</b>	Gruplar içi	0.705	12	0.059		
	Gruplar arası	1.792	3	0.597	10.173	0.001
	Toplam	2.497	15			
<b>b*</b>	Gruplar içi	1.646	12	0.137		
	Gruplar arası	34.001	3	11.334	82.643	0.000
	Toplam	35.647	15			
<b>ΔE*</b>	Gruplar içi	1.436	12	0.120		
	Gruplar arası	168.473	3	56.158	469.409	0.000
	Toplam	169.908	15			

(\*\*) P≤0.05

144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinden L\*, b\*, ΔE\* değişimine ilişkin BVA sonuçları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu, a\* değerlerinde ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunmadığı anlaşılmıştır.

L\*, a\*, b\* ve ΔE\* değişimleri arasındaki farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için etkileşim değerleri Çizelge 3.103.'te verilmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre 144 saat yaşlandırma sonrası renk değerlerinde tüm varyasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.91.).

144 saat yaşlandırma sonrası a\*, b\* renk değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.91.).



**Çizelge 3.91.** 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda meydana gelen renk değişimine ilişkin duncan testi sonuçları ve etkileşim değerleri.

	Duncan testi				Etkileşim değerleri			
	T	Z	$\bar{X}$	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
L*	KÖ	-	1.94	<b>d</b>	KÖ - 190 2	7.412**	190 2-212 1	6.072**
	190	2	9.35	<b>c</b>	KÖ - 212 1	13.485**	190 2-212 2	7.737**
	212	1	15.43	<b>b</b>	KÖ - 212 2	15.150**	212 1-212 2	1.665**
	212	2	17.09	<b>a</b>				
a*	KÖ	-	-5.94	<b>ab</b>	KÖ - 190 2	-0.555**	190 2-212 1	0.932**
	190	2	-6.50	<b>c</b>	KÖ - 212 1	0.377	190 2-212 2	0.392
	212	1	-5.56	<b>a</b>	KÖ - 212 2	-0.162	212 1-212 2	-0.540**
	212	2	-6.10	<b>bc</b>				
b*	KÖ	-	-8.35	<b>b</b>	KÖ - 190 2	0.450	190 2-212 1	2.540**
	190	2	-7.90	<b>b</b>	KÖ - 212 1	2.990**	190 2-212 2	2.795**
	212	1	-5.36	<b>a</b>	KÖ - 212 2	3.245**	212 1-212 2	0.255
	212	2	-5.10	<b>a</b>				
$\Delta E^*$	KÖ	-	10.43	<b>a</b>	KÖ - 190 2	-3.441**	190 2-212 1	-3.397**
	190	2	13.87	<b>b</b>	KÖ - 212 1	-6.838**	190 2-212 2	-4.983**
	212	1	17.27	<b>c</b>	KÖ - 212 2	-8.424**	212 1-212 2	-1.585**
	212	2	18.86	<b>d</b>				

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

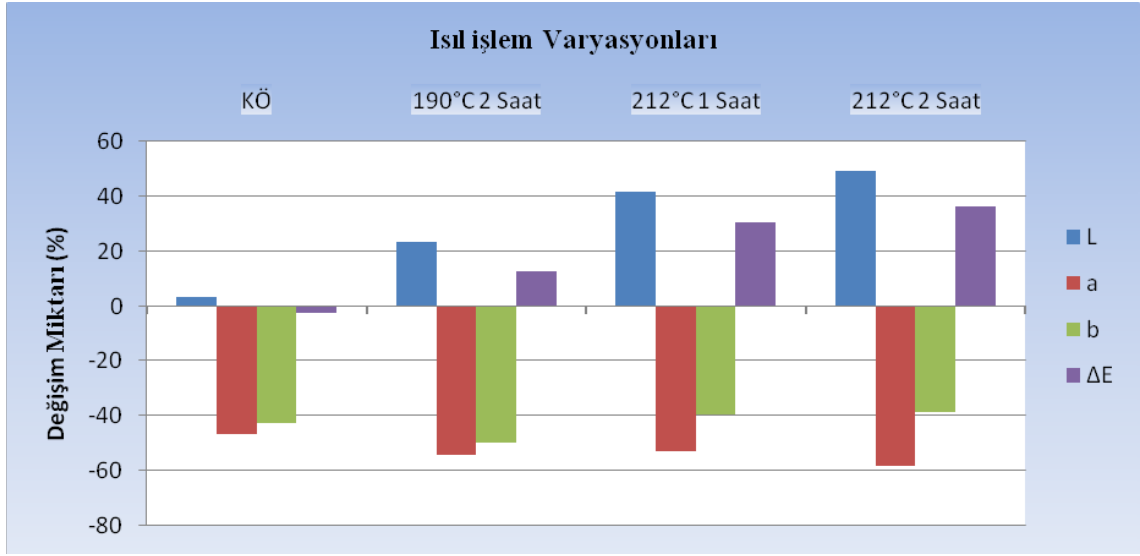
Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların L\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları a\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 1 saat, kontrol örneği ile 212°C sıcaklık 2 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 1 saat, 190°C sıcaklık 2 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. kontrol örneği ile 190°C sıcaklık 2 saat, 212°C sıcaklık 1 saat ile 212°C sıcaklık 2 saat varyasyonları b\* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre tüm varyasyonların  $\Delta E^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değişimi oranları ve  $\Delta E^*$  Şekil 3.32’de verilmiştir.



Şekil 3.32. 144 saat yaşlandırma sonrası sapelli odununda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değişimi (%) ve  $\Delta E^*$ .

Yapay yaşlandırma sonrasında kestane, akçağaç, iroko ve sapelli odunlarına ait tüm varyasyonlarda renk değişmiş ve yüzey gri görünüm almıştır. Her bir varyasyon için 144 saat yaşlandırma sonrası yapılan değerlendirmeye göre kontrol örneği ile ısıl işlem uygulanmış test örneklerinin  $\Delta E^*$  değişimi farklılık arz etmektedir. Isıl işlem uygulanmış test örnekleri  $\Delta E^*$  değişimi kontrol örneği  $\Delta E^*$  değişimine göre önemli miktarda fazla olmuştur. Hava şartlarına maruz kalma veya ultraviyole radyasyonu, özellikle yüzey işlemi yapılmamışsa, rengi griye doğru soldurur (TS CEN/TS 15679/2010).

Test örneklerinin  $\Delta E^*$  davranışının altındaki nedenleri açıklayabilmek için  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin analize edilmesi yararlı olacaktır.

144 saat yaşlandırma sonrası  $L^*$  değişimi ısıl işlem uygulanmış test örneklerinde kontrol örneğine göre önemli miktarda fazla olmuştur. Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artmasına bağlı olarak  $L^*$  değeri artmıştır.

144 saat yaşlandırma sonrası  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerindeki değişim incelendiğinde her iki değerde de ısıl işlem uygulanmış test örnekleri kontrol örneğine göre önemli miktarda azalış göstermiştir.

Benzer sonuçlar Huang ve diğ. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada da ortaya konmuştur. Çalışmalarında ağaç örneklerinde ısı işlem ile koyulaşan rengin 1512 saatlik yapay yaşlandırma sonrasında hem ısı işlem görmüş hem de ısı 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 ısı 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), ısı 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) ısı işlem uygulanmış ağaç malzemedeki 2100 saat hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında renk değişimini inceledikleri çalışmalarında, KÖ'nde ısı işlem görmüşlerin rengine göre daha fazla değişim ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Isıl işlemin 160 ve 180°C sıcaklıklarda uygulandığı örneklerin rengine hızlandırılmış yaşlandırma sonrasında solma olmamasına karşılık 210°C'de ısı işlem görmüş odunda küçük miktarda solma meydana getirdiğini, ısı işlem görmüş odunda renk stabilitesinin daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir.

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

Diğer taraftan, ısı işlem görmüş ancak yüzey işlemi uygulanmamış ağaç malzemelerin UV ışınlarından ısı işlem görmemiş ağaç malzemeye benzer şekilde etkilendiği, UV

ışınlarının yüzeylerin gri görünmesine ve zamanla antik görünüş kazanmasına sebep olduğu, ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemesinde doğal görüntünün korunabilmesi için yüzey işleme 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 malzemesindeki boşluk ve açıklıkların genişlemekte olduğunu, fakat ağaç malzemesindeki 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.

Kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunu örneklerinde yaşlandırma uygulanmış örneklerde yapılan gözlemlerde 144 saat yaşlandırma sonrası kontrol örnekleri daha az miktarda olmakla birlikte yüzey tabakalarında grileşme meydana geldiği belirlenmiştir.

Yaşlandırma görmüş örneklerde lignin miktarı önemli oranda azalmış olup, ısıl işleminde hemiselülozları önemli oranda degrade ettiği düşünülürse yaşlandırma sonrası yüzeylerde görülen gri tabakadan selüloz mevcudiyetinin sorumlu olduğu söylenebilir.

### **3.2.ÇÜRÜKLÜK MANTARLARINA KARŞI DAYANIKLILIK ÖZELLİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA**

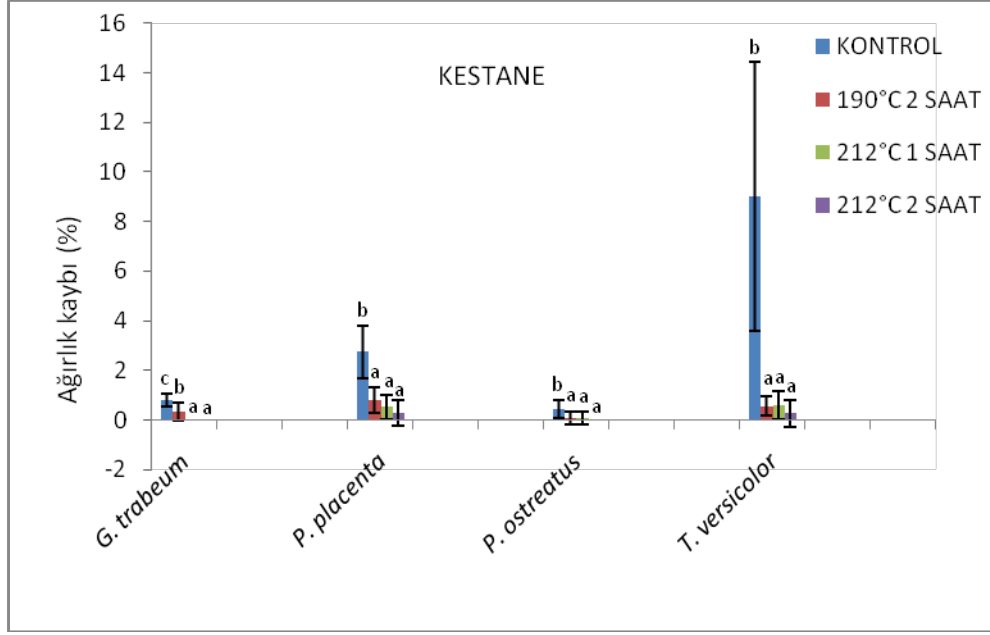
#### **3.2.1.Odun Bloklarında Mantarların Oluşturduğu Ağırlık Kayıpları**

İki yerli (Kestane, Akçaağaç), iki egzotik (Iroko, Sapelli) olmak üzere dört ağaç türü ve varyasyonlarının (Kontrol örneği, 190°C 2 saat, 212°C 1 saat, 212°C 2 saat) esmer çürüklük (*Gloeophyllum trabeum*, *Postia placenta*) ve beyaz çürüklük (*Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*) mantarları etkisi sonucu belirlenen ağırlık kaybı değerleri mantar ve ağaç türleri dikkate alarak ayrı ayrı grafiklendirilmiştir.

12 haftalık inkübasyon süreleri sonunda oluşan ağırlık kaybı değerleri Çizelge 3.92’de verilmiş ve grafik olarak Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35 ve Şekil 3.46’da gösterilmiştir.

**Çizelge 3.92.**12 haftalık inkübasyon süreleri sonunda oluşan ağırlık kaybı değerleri % (Standart sapma değerleri parantez içerisinde gösterilmiştir).

MANTAR TÜRLERİ	KESTANE KONTROL	KESTANE 190°C 2 SAAT	KESTANE 212°C 1 SAAT	KESTANE 212°C 2 SAAT	AKÇAAĞAÇ KONTROL	AKÇAAĞAÇ 190°C 2 SAAT	AKÇAAĞAÇ 212°C 1 SAAT	AKÇAAĞAÇ 212°C 2 SAAT	IROKO KONTROL	IROKO 190°C 2 SAAT	IROKO 212°C 1 SAAT	IROKO 212°C 2 SAAT	SAPELLİ KONTROL	SAPELLİ 190°C 2 SAAT	SAPELLİ 212°C 1 SAAT	SAPELLİ 212°C 2 SAAT	SARIÇAM KONTROL
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,800 (0,263)	0,340 (0,364)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	46,027 (11,588)	28,221 (2,675)	18,292 (5,556)	3,454 (2,697)	3,894 (1,330)	5,641 (2,052)	0,580 (0,496)	0,000 (0,000)	3,164 (1,904)	2,867 (1,181)	1,142 (0,583)	0,871 (0,288)	35,324 (12,841)
<i>Postia placenta</i>	2,744 (1,078)	0,812 (0,530)	0,522 (0,474)	0,266 (0,524)	41,897 (4,775)	38,788 (4,897)	17,226 (7,708)	1,504 (2,905)	0,000 (0,000)	2,531 (0,834)	1,355 (1,498)	0,127 (0,359)	3,485 (3,616)	18,934 (5,083)	11,529 (3,579)	1,818 (0,813)	43,383 (5,399)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0,438 (0,363)	0,087 (0,246)	0,089 (0,251)	0,000 (0,000)	20,652 (4,163)	5,462 (1,499)	1,986 (1,331)	3,532 (0,697)	0,614 (0,472)	2,676 (1,407)	4,166 (0,726)	3,252 (1,683)	1,073 (0,761)	2,441 (1,647)	2,036 (0,757)	3,534 (1,038)	2,764 (1,268)
<i>Trametes versicolor</i>	8,998 (5,420)	0,555 (0,392)	0,587 (0,553)	0,277 (0,546)	39,594 (2,946)	30,201 (2,355)	17,671 (2,035)	8,256 (2,859)	12,707 (3,084)	9,966 (2,887)	5,612 (1,685)	4,466 (1,863)	10,662 (2,389)	10,592 (1,588)	7,051 (1,113)	6,167 (0,911)	15,778 (1,886)



**Şekil 3.33.** Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının kestane odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları. Farklı harfler her mantar için anlamlı bir farklılık olduğunu ifade etmektedir ( $P \leq 0.05$  Duncan's multiply range test).

Kestane odununda, kontrol örnekleri ile ısıl işlem görmüş örnekler karşılaştırıldığında denemelerde kullanılan tüm mantarların ısıl işlem görmüş örneklerde daha düşük ağırlık kayıplarına neden oldukları görülmüştür. Duncan testi sonucuna göre ısıl işlemin çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılık özellikleri %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 3.33.).

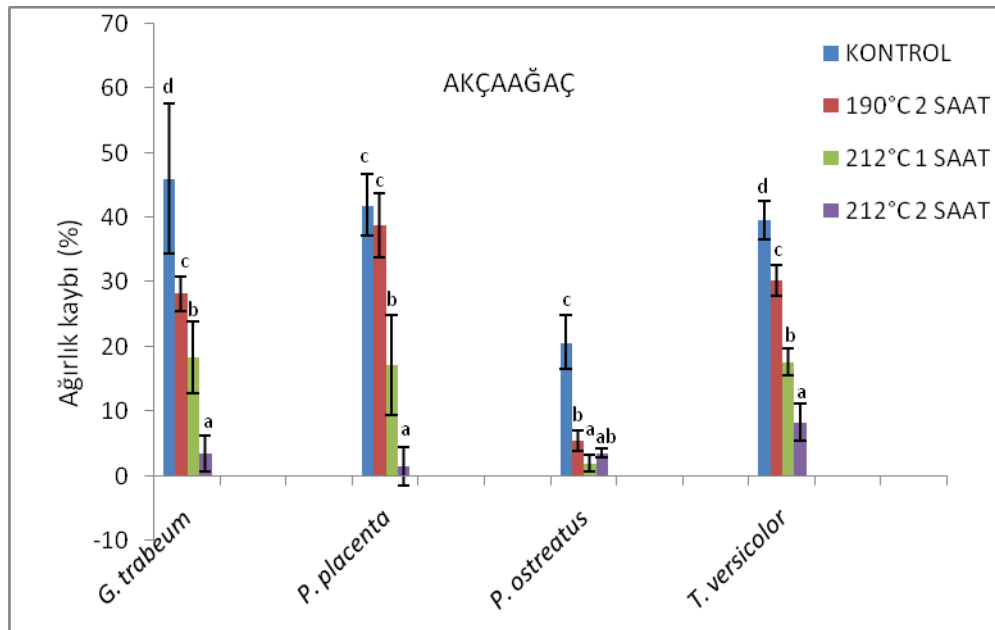
*Gloeophyllum trabeum* mantarının kestane kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %0,8 iken 212°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş odununda ağırlık kaybı meydana gelmemiştir.

*Postia placenta* mantarının kestane kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %2,75 iken 212°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş odununda %0,27 olarak gerçekleşmiştir.

*Pleurotus ostreatus* mantarının kestane kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %0,43 olarak belirlenirken 212°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş odununda ise ağırlık kaybının meydana gelmediği belirlenmiştir.

*Trametes versicolor* mantarının kestane kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %9 iken 212°C’de 2 saat ısıtılmış örneklerde %0,27 olarak gerçekleşmiştir.

Isıl işlem görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan 4 mantarın etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı, ısıtılmış örneklerin sıcaklığı ve süresinin artmasının çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığın artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar 212°C’de 2 saat ısıtılmış örneklerde uygulandığında ağırlık kayıplarının kestane odununda 4 çürüklük mantarı için %1’in altına düştüğünü göstermektedir.



**Şekil 3.34.** Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Akçaağaç odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları. Farklı harfler her mantar için anlamlı bir farklılık olduğunu ifade etmektedir ( $P \leq 0.05$  Duncan's multiply range test).

Akçaağaç odununda, kontrol örnekleri ile ısıtılmış örnekler karşılaştırıldığında denemelerde kullanılan tüm mantarların ısıtılmış örneklerde daha düşük ağırlık kayıplarına neden oldukları görülmüştür. Duncan testi sonucuna göre ısıtılmış örneklerin çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılık özellikleri %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 3.34.).



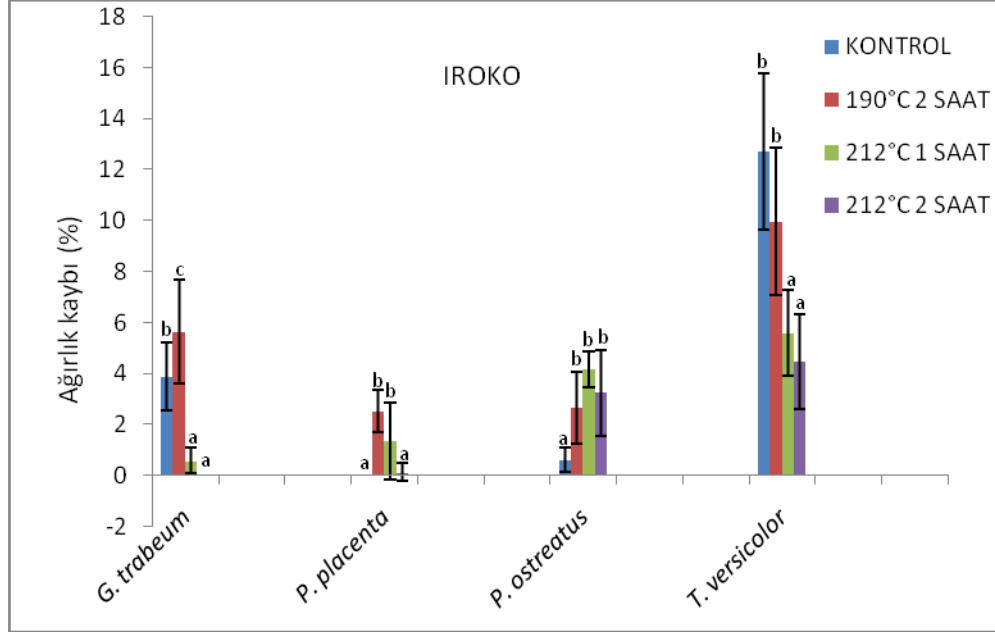
*Gloeophyllum trabeum* mantarının akçaağaç kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %46,03 iken 212°C'de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %3,46 olarak gerçekleşmiştir.

*Postia placenta* mantarının akçaağaç kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %41,90 iken 212°C'de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %1,50 olarak gerçekleşmiştir.

*Pleurotus ostreatus* mantarının akçaağaç kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %20,65 iken 212°C'de 1 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %1,99 olarak gerçekleşmiştir.

*Trametes versicolor* mantarının akçaağaç kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %39,60 iken 212°C'de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %8,25 olarak gerçekleşmiştir.

Isıtılma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan 4 mantarın etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı, ısıtılma işlemi sıcaklığı ve süresinin artmasının çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığın artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar 212°C'de 2 saat ısıtılma işlemi uygulandığında ağırlık kayıplarının akçaağaç odununda 4 çürüklük mantarı için %10'un altına düştüğünü göstermiştir.



**Şekil 3.35.** Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları. Farklı harfler her mantar için anlamlı bir farklılık olduğunu ifade etmektedir ( $P \leq 0.05$  Duncan's multiply range test).

Iroko odunu için yapılan Duncan testi sonucuna göre ısıtma işleminin çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılık özellikleri %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 3.35.).

*Gloeophyllum trabeum* mantarının 190°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı %5,65 iken 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %0 olarak gerçekleşmiştir.

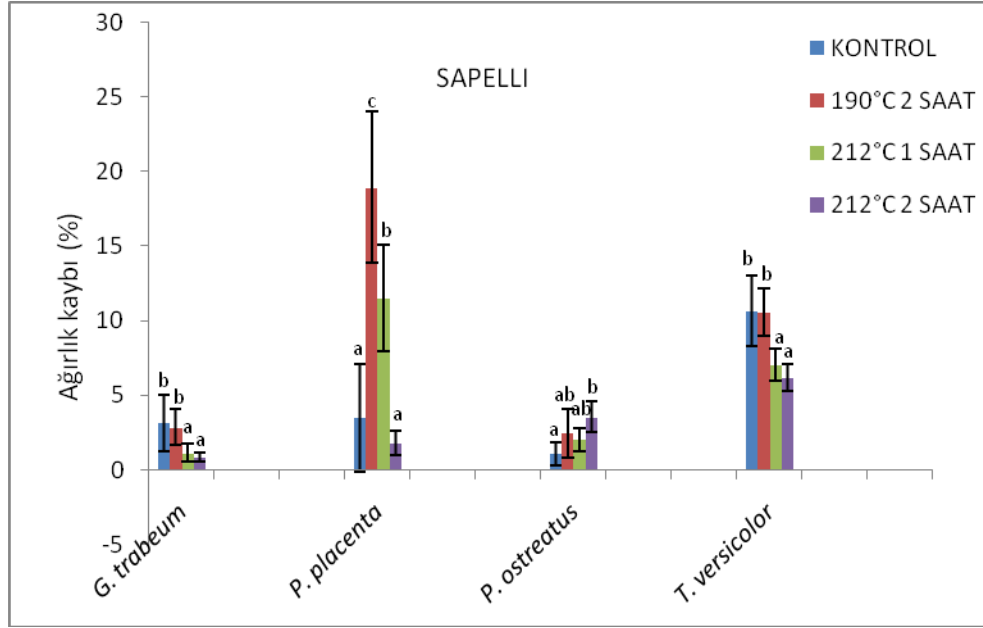
*Postia placenta* mantarının 190°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı %2,53 iken 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %0,13 olarak gerçekleşmiştir.

*Pleurotus ostreatus* mantarının 212°C'de 1 saat ısıtma işlemi görmüş iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı %4,17 iken 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %3,25 olarak gerçekleşmiştir.

*Trametes versicolor* mantarının iroko kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %12,70 iken 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %4,47 olarak gerçekleşmiştir.

*Trametes versicolor* mantarının iroko odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı incelendiğinde ısıtma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneklerine göre daha düşük ağırlık kaybına neden olduğu görülmektedir.

Isıtma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan *Trametes versicolor* mantarının etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görülmüştür.



**Şekil 3.36.** Esmer ve beyaz çürüklük mantarlarının Sapelli odununda meydana getirdiği ağırlık kayıpları. Farklı harfler her mantar için anlamlı bir farklılık olduğunu ifade etmektedir (  $P \leq 0.05$  Duncan's multiply range test).

Sapelli odunu için yapılan Duncan testi sonucuna göre ısıtma işleminin çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılık özellikleri %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 3.36.).

*Gloeophyllum trabeum* ve *trametes versicolor* mantarının sapelli odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı incelendiğinde ısıtma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneklerine göre daha düşük ağırlık kaybına neden olduğu görülmektedir.

*Gloeophyllum trabeum* mantarının sapelli kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %3,17 iken 212°C'de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %0,87 olarak gerçekleşmiştir.

*Postia placenta* mantarının 190°C’de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş sapelli odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı %18,94 iken 212°C’de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %1,81 olarak gerçekleşmiştir.

*Pleurotus ostreatus* mantarının 190°C’de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş sapelli odununda meydana getirdiği ağırlık kaybı %2,44 iken 212°C’de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %3,53 olarak gerçekleşmiştir.

*Trametes versicolor* mantarının sapelli kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %10,66 iken 212°C’de 2 saat ısıtılma işlemi görmüş odununda %6,17 olarak gerçekleşmiştir.

Isıtılma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan *Gloeophyllum trabeum* ve *Trametes versicolor* mantarının etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görölmüşür.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, bulgular kısmında elde edilen veriler doğrultusunda; ısıtma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları için yoğunluk, daralma-genişleme, yüzey pürüzlülüğü, renk değişimi, parlaklık ve biyolojik dayanıklılık konuları kapsamında yapılan yüksek lisans tez çalışması deney sonuçlarına yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlar bilimsel olarak irdelenmiş ve uygulamaya yönelik olarak öneriler sunulmuştur.

### 4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR

#### 4.1.1. Yoğunluk

Araştırma sonuçlarına göre ısıtma işlemi kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunlarında tam kuru ve hava kurusu yoğunluğu azaltmıştır.

Isıtma işlemi görmüş kestane odununda tam kuru yoğunluk kontrol örneğine göre %12,55, hava kurusu yoğunluk %22,28'e kadar azalmıştır.

Isıtma işlemi görmüş akçaağaç odununda tam kuru yoğunluk kontrol örneğine göre %3,16, hava kurusu yoğunluk %8,87'ye kadar azalmıştır.

Isıtma işlemi görmüş iroko odununda tam kuru yoğunluk kontrol örneğine göre %9,50, hava kurusu yoğunluk %12,21'e kadar azalmıştır.

Isıtma işlemi görmüş sapelli odununda tam kuru yoğunluk kontrol örneğine göre %8,49, hava kurusu yoğunluk %14,68'e kadar azalmıştır.

Isıtma işlemi 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 ısıtma işlemi ile birlikte oluşan daha düşük denge rutubeti içeriği, yoğunluktaki azalmanın diğer bir sebebi olarak belirtilebilir.

#### 4.1.2. Daralma-Genişleme

Isıl işlem kestane, akçaağaç, iroko, sapelli odunlarında daralma ve genişleme oranını azaltmıştır.

Isıl işlem görmüş kestane odununda daralma miktarı kontrol örneğine göre %59,07, genişleme miktarı %58,03'e kadar azalmıştır.

Isıl işlem görmüş akçaağaç odununda daralma miktarı kontrol örneğine göre %52,89, genişleme miktarı %58,58'e kadar azalmıştır.

Isıl işlem görmüş iroko odununda daralma miktarı kontrol örneğine göre %67,34 genişleme miktarı %60,20'ye kadar azalmıştır.

Isıl işlem görmüş sapelli odununda daralma miktarı kontrol örneğine göre %70,55, genişleme miktarı %42,25'e kadar azalmıştır.

Bu sonuçlar ısı işlem görmüş kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunlarında ısı işlem sıcaklık ve süresinin artırılmasının daralma ve genişleme özelliklerinde daha iyi değerlerin elde edilmesine imkan sağlayacağını göstermektedir.

Isıl işlemin meydana getirdiği fiziksel ve kimyasal değişimler sonrası odun daha hidrofobik karakter kazanmaktadır. Çünkü ısı işlem en fazla odunun en higroskopik bileşiği olan hemiselülozun bozulmasına ve miktarının azalmasına neden olmaktadır.

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.

#### 4.1.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek kestane odununda ( $R_a=18,11$ ), en düşük iroko odununda ( $R_a=10,25$ ) tespit edilmiş olup, kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Bu durum, denemelerde kullanılan ağaç türlerinin tekstürleri ve ahşap malzemeye uygulanan ısı işlem sonrasında meydana

gelebilecek yüzey değişiklikleri ve anatomik özelliklerdeki farklılaşmalardan kaynaklanmış olabilir. Aytin (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, yabani kiraz odununda ısı işlem sonrasında yüzey düzgünlüğünün arttığını,  $R_a$  değerinin sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak daha küçük değerler aldığı bildirilmiştir. Higroskopik karakteri yüksek bileşenlerin ısı işlemle birlikte odundan uzaklaşması ile artan hidrofobik özellik ve düşük denge rutubeti içeriği nedeniyle odun-su ilişkisinin kısıtlanması yüzeyde meydana gelebilecek deformasyonu azaltabileceği gibi yüksek sıcaklıklarda ligninin plastikleşmesi ve kapalı bir yüzey teşkili ile yüzeydeki deformasyonları azaltabilecek bir etken olduğunu ifade edilmiştir.

Literatürde, Ünsal ve Ayrılmış (2005) tarafından yapılan çalışmada, termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun liflere dik yöndeki yüzey pürüzlülüğü (ortalama pürüzlük) değerinin, ısı işlem sıcaklığı ve işlem süresi uzadıkça azaldığı bildirilmiştir. Korkut ve Budakçı (2010) çalışmalarında ısı işlem ile ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün azaldığını bildirirken, ısı işlem süresince özellikle 160°C üzerindeki sıcaklıklarda ahşap malzemede ısının etkisiyle ligninin termoplastikleşme özelliği kazanacağı ve yoğunluğunun artabileceği belirtilmiştir. Bakar ve diğ. (2013) yüksek sıcaklık uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey kalitesinin iyileştiği belirtilerek bunun hücre çeperindeki biyokimyasal değişimlerden kaynaklanmış olabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada ısı işlem süresi arttıkça pürüzlülüğün arttığı tespit edilmiş ve literatür ile uyummadığı görülmüştür. Bununla birlikte sebebi olarak ThermoWood yöntemine göre yapılan ısı işlem uygulamasının etüv ortamına göre yapılan çalışmalardan daha homojen bir uygulama olduğu, ağaç malzemenin iç bölgesindeki daha derin kısımlara kadar nüfuz edebildiği, bunun sonucunda da liflerin ThermoWood parametrelerinde odunun yanmasını engelleyen koruyucu buharın yüzey yapısını değiştirmiş olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

#### **4.1.4. Renk Değişimi**

Isı işlem çalışmada kullanılan tüm ağaç türlerinde rengin koyulaşmasına sebep olmuştur.

#### **Kırmızı Renk Değerine ( $\Delta a^*$ ) Ait Sonuçlar**

Araştırma sonuçlarına göre ısı işlem sonrası kontrol örneğine göre yapılan karşılaştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek akçaağaç

odununda (5,54), en düşük sapelli odununda (-2,27) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre yaşlandırma uygulanmamış ve 144 saat yaşlandırma uygulanmış test örneklerinin karşılaştırılması sonucu ağaç malzeme türü düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek akçaağaç odununda (-2,03), en düşük yine akçaağaç odununda (-8,36) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Isıl işlem uygulamasında sıcaklık ve sürede artmaya bağlı olarak kırmızı renk değerindeki azalışların odun bileşenlerinin kimyasal yapısındaki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç daha önce yapılan araştırma sonuçları ile paralellik arz etmektedir. Literatürde, (Özçifçi ve diğ. 2009, Inoue ve diğ. 1993, Yaşar 2009, Budakçı ve diğ. 2009). Fengel ve Wegener (1989), Boonstra ve Tjeerdsma (2006) odunun termal degradasyonun 110°C ve üzeri sıcaklık sınırından itibaren başladığını, 200°C'nin üzerinde yapısal hasarların olduğunu, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumların meydana geldiğini bildirmiştir.

### **Sarı Renk ( $\Delta b^*$ ) Tonu Değerine Ait Sonuçlar**

Araştırma sonuçlarına göre ısıl işlem sonrası kontrol örneğine göre yapılan karşılaştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde sarı renk değeri en yüksek akçaağaç odununda (7,42), en düşük sapelli odununda (-6,46) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre yaşlandırma uygulanmamış ve 144 saat yaşlandırma uygulanmış test örneklerinin karşılaştırılması sonucu ağaç malzeme türü düzeyinde sarı renk değeri en yüksek akçaağaç odununda (-3,75), en düşük iroko odununda (-15,44) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.



Benzer bir sonuca Akkuş (2012) tarafından yapılan çalışmada rastlanmakta olup yapılan bu çalışmada ısıtma işlemi sonucu malzemede oluşan yan ürünlerin renk açma kimyasalları ile etkileşime girerek malzeme yüzeylerinde farklı değerlerde sarı renk tonu oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

Buna göre, ısıtma işlemi uygulamasında sıcaklık ve süre arttıkça sarı renk değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Literatürde, Bekhta ve Niemi (2003) ladin odunu ile yaptıkları çalışmada; farklı sıcaklık (100°C, 150°C, 200°C) ve farklı süreler (2, 4, 8, 10 ve 24 saat) de ısıtma işlemi uygulaması sonucu, sarı renk değerinde en fazla azalmanın (%30-45) 24 saat ısıtma işlemi uygulaması sonunda elde edildiğini bildirmiştir. Gonzalez-Pena ve Hale (2009) ısıtma işlemi uygulanmış kayın, çam ve ladin odunlarında toplam sarı renk değişim değeri ile glukoz, lignin ve glukan maddeleri arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir.

### **Renk Parlaklık (Işıklılık) Değerine ( $\Delta L^*$ ) Ait Sonuçlar**

Araştırma sonuçlarına göre ısıtma işlemi sonrası kontrol örneğine göre yapılan karşılaştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde renk parlaklık değeri en yüksek iroko odununda (0,80), en düşük kestane odununda (-37,30) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre yaşlandırma uygulanmamış ve 144 saat yaşlandırma uygulanmış test örneklerinin karşılaştırılması sonucu ağaç malzeme türü düzeyinde renk parlaklık değeri en yüksek akçaağaç odununda (23,71), en düşük kestane odununda (0,48) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Bu farklılığa ağaç türlerinin anatomik özelliklerinin ve tekstürlerinin sebep olduğu düşünülmektedir. Literatürde, Gonzalez-Pena ve Hale (2009) yaptıkları çalışmada renk parlaklık (ışıklılık) değeri ile kayında hemiselüloz, çamda lignin ve ladinde glukoz arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ifade etmiştir. Akkuş (2012) ısıtma işlemin dezavantajları arasında yer alan kütle kaybı ile odundan ayrılan yan bileşiklerin odunun ışıklılık değerinin düşmesinde önemli bir etkiye sebep olduğunu bildirmiştir.

Literatürde, Sundqvist ve diğ. (2006) yaptıkları bir çalışmada hidrotermal işleme maruz bırakılmış odunun renk parlaklık değerinin malzemenin modifikasyon derecesini gösteren önemli bir veri olarak değerlendirilebileceğini ve malzemeye uygulanan sıcaklığın daha yüksek olmasının, ışıklılık değerinin azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Johansson (2008) yaptığı çalışmada huş odununa 175°C ve 200°C sıcaklıkta ve farklı zaman periyotlarında (2, 4, 6, 8, 10 saat) uyguladığı ısıl işlem sonucu malzemenin renk parlaklık değerinin 80-85'den 40-65 değerlerine kadar düştüğünü tespit etmiştir. Bekhta ve Niemz (2003) ladin odunu ile yaptıkları çalışmada; farklı sıcaklık (100°C, 150°C, 200°C) ve farklı sürelerde (2, 4, 8, 10 ve 24 saat) ısıl işlem uygulaması sonucu, renk parlaklık değerinde en fazla azalmanın (%72,81) 24 saat ısıl işlem uygulaması sonunda elde edildiğini bildirmiştir. Esteves ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak renk parlaklık değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana gelmiş olabileceğini duyurmuştur.

### **Toplam Renk ( $\Delta E^*$ ) Farklılıklarına Ait Sonuçlar**

Araştırma sonuçlarına göre ısıl işlem sonrası kontrol örneğine göre yapılan karşılaştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde toplam renk değişimi en yüksek kestane odununda (37,69), en düşük iroko odununda (4,75) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre yaşlandırma uygulanmamış ve 144 saat yaşlandırma uygulanmış test örneklerinin karşılaştırılması sonucu ağaç malzeme türü düzeyinde toplam renk değişimi en yüksek akçaağaç odununda (28,37), en düşük yine akçaağaç odununda (5,07) elde edilmiş olup kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

144 saat yaşlandırma sonrası toplam renk değerinin en fazla akçaağaçta artış göstermiş olmasında, bu ağaç malzemenin çalışmada kullanılan diğer ağaç türlerine göre başlangıç renginin açık olmasının, ısıl işlem ve yaşlandırma işlemleri sonunda ise daha fazla koyulaşmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde, Akkuş (2012) yaptığı bir çalışmada göknar ağaç malzemedeki toplam renk değerinin daha yüksek çıkmasının nedenleri arasında bu malzemenin meşe malzemeye göre daha açık renge sahip olması

ve ısıtma işlemi sonucunda renginin koyulaşmasının etkisi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, toplam renk değerindeki bu farklılaşmanın bir başka sebebinin de ısıtma işlemi görmüş odunun ana polimerlerinde gerçekleşebilecek kimyasal değişim olabileceği duyurulmuştur. Sundqvist (2002) 65–80°C’de ısıtma işlemi uygulanmış sarıçam odununun başlangıçta kırmızı-sarı renkte olduğunu, süre uzadıkça hem öz hem de diri odunun sarı-kırmızımsı renk aldığını belirtmiştir.

Buna göre, ısıtma işleminin başlangıç aşamasında toplam renk değişimi değerinin artış gösterdiği işlemin ilerleyen aşamalarındaki sıcaklık artışının ise renk değerinde düşüşe sebep olduğu söylenebilir. Literatürde, (Unsal ve diğ. 2003, Özçifçi ve diğ. (2009) odunun ısıtma işlemi sonunda renk değişiminin yüksek sıcaklıklarda ve uzun muamele periyotlarında daha fazla koyulaşma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. Terziev ve diğ. (1993) bir çalışmada sarıçamın diri odunundaki hemiselülozun parçalanması ve termal bozunmayla beraber açığa çıkan düşük moleküllü şeker miktarının artmasıyla sararmanın arttığını, diğer taraftan selülozun parçalanması veya termal bozunması sonucunda da daha koyu bir renge dönüştüğünü ifade etmiştir. Hillis (1975) tarafından yapılan bir çalışmada odunda ısıtma işlemi sonrası renk değişiminin hemiselülozun hidrolizinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Chow and Mukai (1972) tarafından yapılan bir başka çalışmada, ısıtma işlemi nedeniyle meydana gelen renk değişiminde kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında bir ilişkisinin olduğu ileri sürülmüştür. Fengel ve Wegener (1989) oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlar arasında nemli ortamda genellikle hidrolitik reaksiyonların baskın olduğunu ve odunun ısıtma işlemi boyunca kromofor oluşumuna sebebiyet verdiğini, odunda renk değişiminin sebebinin de bu gruplar olduğunu belirtmiştir. Sehlstedt-Person (2003) yaptığı bir çalışmada 65–95°C’de gerçekleşen termal işlem sonucunda sarıçam ve ladinin diri odunlarında lignin ve hemiselülozdaki bozunma ile ekstraktif bileşiklerinin değişime uğramasının renk değişimlerine sebep olduğunu ifade etmiştir.

#### **4.1.5. Parlaklık**

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek kestane odununda, en düşük sapelli odununda tespit edilmiş olup, kestane, akçaağaç, iroko ve sapelli odunları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Literatürde, Sönmez ve Budakçı (1999) tarafından yapılan bir çalışmada halkalı traheli odun yüzeylerindeki parlaklık sonuçları diğer türlerden daha az

bulunmuş; bunun sebebi olarak, tam doldurulmamış trahe boşluklarının yüzeye gelen ışık şiddetini azalttığı ve ışığın değişik yönlere yansıtmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Buna göre, ısıl işlem uygulamasında yüksek sıcaklığın parlaklık değerini azalttığı söylenebilir. Literatürde (Esteves ve diğ. 2008) ısıl işlem uygulamasında sıcaklık derecesinin bazı ağaçların doğal parlaklık değerini olumsuz yönde etkilediği ve ısıl işlem görmüş ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak parlaklık değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiğini bildirmiştir. Korkut ve Kocaefe (2009) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriğinin azaldığı ve yoğunlaşmamış ünitelerden bazılarının difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü bildirilmiştir. Difenilmetan tipi yoğunlaşmanın 120-220°C aralığında tipik bir reaksiyon olduğu, renk, reaktivite ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Isıl işlem süresince ligninin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğradığı belirtilmiştir. Isıl işlem sürecinde oluşan bu durumların ağaç malzemenin parlaklık değerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu ifade edilmiştir.

## **4.2. BİYOLOJİK ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR**

### **4.2.1. Odun Bloklarında Mantarların Oluşturduğu Ağırlık Kayıpları**

**Odun bloklarında mantarların oluşturduğu ağırlık kayıpları ağaç türü düzeyinde incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekildedir;**

Kestane odunu için; ısıl işlem görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan 4 mantarın etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artması çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığın artmasına neden olmuştur. Sonuçlar 212°C’de 2 saat ısıl işlem uygulandığında ağırlık kayıplarının kestane odununda 4 çürüklük mantarı için %1’in altına düştüğünü göstermiştir.

Akçaağaç odunu için; ısıl işlem görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan 4 mantarın etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığı ve süresinin artması çürüklük

mantarlarına karşı dayanıklılığın artmasına neden olmuştur. Sonuçlar 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi uygulandığında ağırlık kayıplarının akçaağaç odununda 4 çürüklük mantarı için %10’un altına düştüğünü göstermiştir.

Iroko odunu için; ısıtma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan *Trametes versicolor* mantarının etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görülmüştür. *Trametes versicolor* mantarının iroko kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %12,70 iken 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %4,47 olarak gerçekleşmiştir.

Sapelli odunu için; ısıtma işlemi görmüş örneklerde kontrol örneğine göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda denemelerde kullanılan *Gloeophyllum trabeum* ve *Trametes versicolor* mantarının etkisi sonucu ağırlık kaybının azaldığı görülmüştür. *Gloeophyllum trabeum* mantarının sapelli kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %3,17 iken 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %0,87 olarak gerçekleşmiştir. *Trametes versicolor* mantarının sapelli kontrol örneklerinde meydana getirdiği ağırlık kaybı %10,66 iken 212°C’de 2 saat ısıtma işlemi görmüş odununda %6,17 olarak gerçekleşmiştir.

**Odun bloklarında mantarların oluşturduğu ağırlık kayıpları mantar türü düzeyinde incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekildedir;**

*Gloeophyllum trabeum* çürüklük mantarı için kullanılan ağaç türleri dikkate alındığında en yüksek ağırlık kaybının akçaağaç odununda olduğu görülmüş olup bunları sırasıyla iroko ve sapelli odunları izlemiştir. En düşük ağırlık kaybının ise kestane odununda olduğu görülmüştür.

*Postia placenta* çürüklük mantarı için kullanılan ağaç türleri dikkate alındığında en yüksek ağırlık kaybının akçaağaç odununda olduğu görülmüş olup bunları sırasıyla sapelli ve iroko odunları izlemiştir. En düşük ağırlık kaybının ise kestane odununda olduğu görülmüştür.

*Pleurotus ostreatus* çürüklük mantarı için kullanılan ağaç türleri dikkate alındığında en yüksek ağırlık kaybının akçaağaç odununda olduğu görülmüş olup bunları sırasıyla iroko ve sapelli odunları izlemiştir. En düşük ağırlık kaybının ise kestane odununda olduğu görülmüştür.

*Trametes versicolor* çürüklük mantarı için kullanılan ağaç türleri dikkate alındığında en yüksek ağırlık kaybının akçaağaç odununda olduğu görülmüş olup bunları sırasıyla sapelli ve iroko odunları izlemiştir. En düşük ağırlık kaybının ise kestane odununda olduğu görülmüştür.

Elde ettiğimiz sonuçlar literatürdeki bilgiler ile paralellik göstermektedir. Isıl işlemin biyolojik dayanıklılığı arttırdığı birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur.

Lekounougou ve Kocaefe (2012) *T. versicolor*, *P. Placenta*, *G. Trabeum* ve *C.puteana* çürüklük mantarları tarafından kavak odununda meydana gelen ağırlık kayıplarını incelemiştir. Buna göre beyaz çürüklük mantarı *T. versicolor*'un esmer çürüklük mantarları *P. Placenta*, *G. Trabeum* ve *C.puteana*'ya göre çok daha fazla ağırlık kaybı oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca ağırlık kaybı sonuçları *T. versicolor* mantarına karşı kavak odununun dayanıksız veya az dayanıklı, *P. Placenta*'ya karşı orta derecede dayanıklı, *G. Trabeum*'a karşı dayanıklı, *C.puteana*'ya karşı çok dayanıklı sınıfta yer aldığını göstermektedir. Sınıflandırma Kartal ve Ayrılmış (2005) yayınına göre yapılmıştır. Buna göre ortalama ağırlık kaybı %45'ten büyükse dayanıksız veya az dayanıklı %25-45 arasındaysa orta derece dayanıklı %10 dan küçükse çok dayanıklıdır. Bu çeşitlilik iğne yapraklı ve geniş yapraklı odunlarda odunun korunmasında önemli rol oynayan lignin miktarının farklılığıyla açıklanabilir. Guayesil lignin içeren iğne yapraklı ağaçlarla karşılaştırıldığında sirinil ligninin geniş yapraklı ağaçlarda bulunması ve daha düşük lignin miktarı ihtiva etmesi mantarlara karşı doğal dayanıklılığın daha düşük olmasına neden olmaktadır ( Daniel 2003). Buna karşın beyaz çürüklük mantarları polisakkaritleri (selüloz ve hemiselüloz) ve lignini tahrip edebilen enzim sistemlerine sahipken esmer çürüklük mantarlarının enzim sistemleri selüloz ve hemiselülozların tahribatına sebep olurken ligninde ise çok az zarara neden olur (Highley 1999; Teunissen 2001; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Ayrıca diğer yazarlar farklı ağaç türleri için benzer sonuçları elde etmişlerdir (Paes ve ark. 2004; Calenego ve ark. 2010). Lekounougou ve Kocaefe (2012)'nin yaptığı çalışmaya göre 12 haftalık inkübasyon süresi sonunda *T. versicolor*, *P. Placenta*, *G. Trabeum* ve *C.puteana* çürüklük mantarlarına karşı kavak odununun dayanıklılığının ısı işlem sırasında uygulanan sıcaklıktan etkilendiğini göstermektedir. Sonuçlar tüm denemelerde kullanılan mantarlar için işlem sıcaklığının 220°C'ye çıkmasına paralel olarak ağırlık kayıplarının düştüğünü göstermektedir. Isıl işleme uğramış kavak odunu 220°C'de tüm

mantarlara karşı yüksek dayanıklılık göstermiş ve ağırlık kayıpları %10'un altında olmuştur. 12 haftalık inkübasyon süresi sonrasında oluşan ağırlık kayıplarına bakıldığında kontrol örneklerinde *T. versicolor* mantarının yaklaşık %57'lik ağırlık kaybı oluşturduğu buna karşın 220°C'de ısıtılmış örneklerde %9 ağırlık kaybı belirlenmiştir. İki oran kıyaslandığında ağırlık kaybındaki düşüş miktarı %84,2 oranında gerçekleşmiştir. Benzer sonuçlar *P. Placenta* mantarı içinde söylenebilir. Kontrol örneğindeki ağırlık kaybı %36,7 iken 220°C'de ısıtılmış odununda %0 oranında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla tutarlılık göstermektedir (Tjeerdsma ve ark. 2000; Kamdem ve ark. 2002; Weiland ve Guyonnet 2003; Boonstra ve ark. 2006; Hakkou ve ark. 2006; Calenego ve ark. 2010).

Isıl işlem sürecinde odun hücre polimerlerinde gerçekleşen kimyasal değişim mantarlara karşı odunun dayanıklılığındaki artışın temel nedenidir. Diğer bir sebep ise ısıtılmış odun hücre çeperindeki boşlukların azalmasıdır. Bu da mantar hüflerinin nüfusunu engellemekte ve mantar enzimlerinin hücre boşluklarına veya hücre çeperinin gözeneklerine girmesini engellemektedir. Isıl işlemin odunun kimyasal yapısını değiştirmesi buna bağlı olarak odunun daha hidrofobik hale gelmesi ve mantar enzimleri için bilinmeyen substrat haline dönüşmesi birçok yayında belirtilmektedir. Isıl işlemde sıcaklığın artışı hücre çeper polimerlerinde birtakım kimyasal değişimlere neden olur (Garote ve ark 2001; Bami ve Mohebbi 2011; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Literatürde hemiselülozların odunun en yüksek termokimyasal duyarlılığa sahip bileşenleri olduğu bilinmektedir (Bourgois ve Guyonnet 1998; Groot ve ark. 1988; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Isıl işlem sürecinde hemiselüloz matrisi içerisinde yer alan selüloz mikrofibrilleri lignin modifikasyonu sonucu tahribata uğrar (Levan ve ark. 1990; Kocaefe ve ark. 2008; Nazerian ve ark. 2010; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Tüm bu kimyasal modifikasyonlar esmer ve beyaz çürüklük mantarları tarafından odun düşük ağırlık kayıplarının oluşmasına neden olduğu gibi çürüklük mantarlarının enzim sistemleri tarafından tanınmayan substrat oluşumuna neden olur (Weiland ve Guyonnet 2003; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Lekounougou ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada selüloz ve hemiselülozdaki aktivitenin ısıtılmış odun kontrol örneklerinde beyaz çürüklük mantarı *T. versicolor*'un oluşturduğu korelasyonu göstermiştir. Hemiselüloz düşük sıcaklık seviyelerinde tahrip olur ve asetik asit, formik asit, furfural, polyoz ve benzeri yapılarla dönüşür. Sıcaklık derecesi arttığında bu bileşiklerin oluşum miktarı artar

(Tjeerdsma ve Militz 2005; Boonstra ve Tjeerdsma 2006; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Dönüşen bu bileşenlerin çoğunluğu furfural gibi mantarlar için zehirlilik etkisi gösterir. Bu bileşikler odunda aktif olan mikroorganizmalara karşı koruma sağlar veya biyosit etkisi gösterir (Kamdem ve ark. 1999; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Selülozun kristal yapısı özellikle esmer çürüklük mantarlarına karşı korumayı açıklayan diğer bir sebeptir. Bu mantarlar selülozdaki amorf bölgelere arız olmayı tercih ederler (Green ve Highley 1997; Gonzales ve ark. 2005; Yıldız ve Gümüşkaya 2007; Lekounougou ve Kocaefe 2012). Isıl işlem sürecinde odunda yeni kimyasal bağların görülmesi kadar kondenzasyon reaksiyonları sonucu ligninin kimyasal yapısında da değişiklikler meydana gelir. Bu değişim lignin peroksidoz gibi enzimlerde peroksidozların substratı tanınamaması sonucunu ortaya koyar (Weiland ve Guyonnet 2003; Tjeerdsma ve Militz 2005; Hakkou ve ark. 2006; Lekounougou ve Kocaefe 2012).

Tjeerdsma ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılık ve higroskopisite arasında iyi bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Bazyar 2012). Nuoponen (2005)'in bulguları holosesülozdaki hidroksil gruplarının indirgenmesi ve kimyasal değişimin, ligninin çapraz bağlarının ısıtılma uğramış odunun denge rutubetini ve biyolojik özelliklerini iyileştiren en önemli parametreler olduğunu göstermektedir (Bazyar 2012). Sailer ve ark. (2000) 190°C, 220°C'lerde hot oil treatment uygulamasının *Coniophora puteana* esmer çürüklük mantarına karşı dayanıklılık özelliklerini geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre ağırlık kayıplarındaki azalış çamda %40-48 iken ladinde %5,5-11 oranında gerçekleştiğini görmüşlerdir (Bazyar 2012). Çeşitli seviyelerde ısıtılma işlem sonuçları karşılaştırıldığında hot oil treatment çam ve ladin odununda *Coriolus versicolor* ve *Coniophora puteana* mantarlarına karşı dayanıklılık özelliklerini arttırdığı belirlenmiştir (Welzbacher ve Rapp 2002; (Bazyar 2012). Leithoff ve Peek (2001) 170°C sıcaklık üzerinde iki bambu türünün dayanıklılığında artış olduğunu belirlemiştir (Bazyar 2012).

Dirol ve Guyonnet (1993), 200-260°C arasında yaptıkları ısıtılma işlem sonrasında *Coriolus versicolor* ve *Coniophora puteana* mantarlarına karşı dayanıklılık testleri yapmışlardır. Kontrol örneklerinde %40'a varan ağırlık kaybı olmasına rağmen test örneklerinde %1'lik bir ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Mazela vd. (2003), 220 °C'de 24 saat süre ile ısıtılma işlem uyguladıkları çalışmada test ve kontrol örneklerinin *Coniophora puteana*



mantarına maruz bırakılması sonrası kontrol örneklerinde %39'luk bir ağırlık kaybı meydana gelmiş iken test örneklerinde %1'lik bir ağırlık kaybı meydana geldiğini belirtmişlerdir (Dirol ve Guyonnet 1993; Militz 2002; Mazela vd. 2003; Schmidt 2006; URL-2 2010; Can ve Yıldız 2013).

### 4.3. ÖNERİLER

Isıl işlem uygulanmış kestane, akçaağaç, iroko, sapelli odunları;

- Isıl işlem çürüklük mantarlarına karşı odunun dayanıklılık özelliklerini iyileştirmektedir. Dayanıklılığın önem kazandığı kullanım yerlerinde (bahçe mobilyası, kamelya, çardak vb.) ısıtılmış malzeme kullanılabilir.
- Çürüklük testinde kullanılan *Postia placenta* ve *Gloeophyllum trabeum* mantar türleri, binalarda değerlendirilen iğne yapraklı ağaç odunlarında önemli derecede zarar yapan esmer çürüklük mantarlarından biridir. Bu mantarlar kısa sürede çok önemli ağırlık ve direnç kayıplarına yol açtığı bilinmektedir. Isıl işlemin bu mantar türlerine karşı laboratuvar koşullarında başarılı sonuçlar vermesi, ısıtılmış yapraklı ağaç odunlarının, mantar çürüklük riski yüksek olan kullanım yerlerinde ve coğrafi bölgelerde kullanılmasını olanaklı kılacaktır.
- Daralma-genişlemenin 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, ısıtılmış ile birlikte meydana gelen renk değişimi estetik unsurların ön plana çıktığı üretimlerde değerlendirilebilir. Herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması, ısıtılmış malzemenin ahşabı alternatiflerine göre avantajlıdır.
- Isıl işleme tabi tutulmuş odun yapısında meydana gelen değişiklikler sayesinde orman ürünleri sanayinde önemli avantajlar sunmaktadır. Daralma-genişlemede sağlanan iyileşme ile birlikte mobilya üretiminde kullanımının yaygınlaştırılması ısıtılmış ağaç malzemenin ticari değerinin yükselmesine katkıda bulunacaktır.

- Isıl işlemde çevreye zararlı herhangi bir maddenin kullanılmaması, çevre bilinçlenmesine paralel olarak çevre dostu üretim tekniklerinin yaygınlaştırılmasına da katkıda bulunacaktır.
- Yaşlanma etkisine karşı lignin bozunmasını geciktirici maddelerle birlikte yüzey işlemleri yapılması uygun olacaktır.

Çalışmanın devamında ThermoWood yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış kestane, akçaağaç, iroko, sapelli odunlarında, kimyasal, mekanik ve anatomik yapının araştırılması ısıl işlemin ağaç malzeme üzerindeki etkilerinin anlaşılması bakımından önemli bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akkuş M., Renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi, (2012).
- Aksoy Ahmet., Deveci M., Baysal E., Toker H., Colour and gloss changes of socts pine after heat modification, *Wood Research*, Vol.56, No.3., (2011).
- Alén R., *Structure and chemical composition of wood*, In: Stenius, P. (ed.). Forest products chemistry. Fapet Oy, Helsinki, (2000).
- Anonim, [http:// www.mitutoyo.com/pdf/1964\\_sj-201-301.pdf](http://www.mitutoyo.com/pdf/1964_sj-201-301.pdf) (Erişim Tarihi 12 Mayıs 2013).
- Anonim, <http://www.q-lab.com> (Erişim Tarihi: 15 Mart 2013b).
- Anonim, <http://www.novawood.com.tr/images/Brosurler/novaElkitabı.pdf> (Erişim Tarihi 20 Ocak 2014).
- Anonim, <http://atlas-mts.com/> (Erişim Tarihi 29 Nisan 2014b).
- 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, No.1., (2010).
- Ateş S., Akyıldız MH., Özdemir H., Effects of heat treatment on calabrian pine, *BioResources*, 4(3), 1032-1043, (2009).
- 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, 221–226, (2003).
- Aydın, İ., Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2004) .
- Aytin A., Yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi, *Doktora Tezi*, Düzce Üniversitesi, (2013).

- 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), 51248-5137, (2012).
- Bakar B.F.A., Hiziroğlu S., Tahir P.M., Properties of some thermally modifies wood species, *Materials and Design*, 43, 348-355, (2013).
- Bazyar B., Decay resistance and physical properties of Oil Heat Treated Aspen Wood, *BioResources* 7(1), 696-705, (2012).
- Bekhta P., Niemz P., Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforchung*, 57(5), 539–546 (2005).
- Berns, R.S., *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, P.78-81, (2000).
- 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 Y., Erdin N., Ünligil H., *Odun patolojisi* ders kitabı, İstanbul, (1995).
- Bozkurt Y., Erdin, N., *Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar*, İ.Ü. Orman Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1998).
- Bozkurt Y., Erdin, N., *Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar*, İ.Ü. Orman Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2013).
- Bozkurt Y., Erdin N., *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, (1997).

- Budakçı M., Özçiftci A., Çınar H., Sönmez A., Effects of application methods and species of wood on color changes of varnishes, *African Journal of Biotechnology*, 8 (21), 5964-5970, (2009).
- Can, A., Yıldız, S. Endüstriyel Ölçekte Isıl İşlem Uygulanan Bazı Odun Örneklerinde Vida Tutma Direnci ve Mantar Çürüklük Testi Performansı. *II.Ulusal Mobilya Kongresi*, 11-13 Nisan 2013, Denizli, (2013).
- Chow S.Z., and Mukai H.N., Effect of thermal degradation of cellulose on wood polymer bonding, *Wood Science*, 4 (4), 202-208, (1972).
- Çakıcıer, N., Ağaç Yüzeylerde Kullanılan Verniklerin Su ile Eritilen Ağaç Boyalarının Renginde Yaptığı Değişiklikler, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1994).
- 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).
- 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), 1929-1939, (2011).
- Çakıcıer N., Sevim Korkut D., Ahşap yüzeylere uygulanan kaplama katmanlarında yaşlandırma testleri, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(1), 75-90, (2009).
- Cartwright, K. ST. G. ve FINDLAY, W. P. K., *Decay of Timber and Its Prevention*, Her Majesty's Stationery Office. London, 47-135-0-97. 294, (1958).
- Dilik T., Hiziroğlu S., Bonding strength of heat treated compressed Eastern redcedar wood, *Materials and Design*, 42, 317-320, (2012).
- 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).
- Erdin N., Ahşap Konservasyonu Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, (2009).
- Enjily V., Jones D., The potential for modified materials in the panel products industry, *Wood Resources and Panel Properties Conference*, Valencia-Spain, E44/E49, (2006).
- Esteves B.M., Pereira H.M., Heat treatment of wood, *BioResources*, 4(1), 370-404, (2009).
- Esteves B.M., Domingos I., Pereira H., Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Sci Techn.*, 42, 369–384 DOI 10.1007/s00226-007-0157-2, (2008).
- Feist, W.C., Effect of Preweathering, Surface Roughness and Wood Species On the Performance of Paint on Stains, *Forest Products Journal*, V.66, P.109-121, (1994b).
- Fengel D., and Wegener G., Wood, Walter Gruyter and Co, Berlin, (1989).
- Funck, J.V., Forrer, J.B., Buttler, D.A., Brunner, C.C., Maristany, A.G., Measuring Surface Roughness on Wood: A Comparison of Laser Scatter and Stylus Tracing Approaches, *The International Society for Optical Engineering*, V. 1821, P.173-184, (1992).
- Gonzalez-Pena M.M., and Hale Michael D.C., Colour in Thermally Modified Wood of Beech, Norway Spruce and Scots Pine. Part 1: Colour Evolution and Colour Changes, *Holzforschung*, 63, 385–393, (2009).
- 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), 922-927, (2012).

- Güller B., Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of Pinus nigra wood, *African Journal of Biotechnology*, 11(9), 2204-2209, (2012).
- Güler FD., Bazı ağaç türlerinde ısıtım işlem uygulamasının vernik katman özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi, (2010).
- Hillis W.E., The role of wood characteristics in high temperature drying, *Journal Industrial Wood Science*, 7 (2), 60-67, (1975).
- Hill C., Wood modification: chemical, thermal and other processes, wiley series in renewable resources, *John Wiley & Sons Inc.*, (2006).
- Inoue M., Norimoto M., Tanahashi M., Rowell R.M., Steam or Heat Fixation of Compressed Wood, *Wood and Fiber Science*, 25 (3), 224-235, (1993).
- ISO 4287., Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters, *International Standart Organization*, (1997).
- İlter, E., Çamlıyurt, C., Balkız, Ö.D., Uludağ Göknaı (Abies bornmülleriana Mattf) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, iç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, (2002).
- Johansson D., Heat Treatment of Solid Wood, Effect on Absorption, Strength And Colour, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Skellefteå-Sweden, ISSN:1402-1544,53., (2008).
- 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, 1324– 1330, (2012).

- Kocaefe D., Shi LJ., Yang D-Q., Bouazara M., Mechanical properties, dimensional stability, and mold resistance of heat-treated jack pine and aspen, *Forest Products Journal* 58(6), 88-93, (2008).
- Kocaefe D, Poncsak S, Boluk Y., Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen, *BioResources* 3 (2), 517-537, (2008).
- Korkut, S., Kereste Üretiminde Yüzey Kalitesinin iyileştirilmesi Üzerine Araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1999).
- Korkut, S., *Isıl İşlem Ders Notları*, Düzce, (2012).
- 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), 95-99, (2008).
- 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), 67-78, (2010).
- Korkut S., Kocaefe D., Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5 (2), 11-34, (2009).
- Korkut S., Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi üzerine araştırmalar, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, (1999).
- Korkut S., ve Bakangil Ö., Isıl işlem metodları, WOODWORK Mobilya, Mobilya Yan Sanayi, Mimarlık, *Dekorasyon ve Araştırma Dergisi*, 28-34, (2007).
- Köse C., Esmer çürüklük mantarlarının (*Basidiomycetes*) odunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2000).
- Köse C., Esmer Çürüklükte Oksalik Asidin Önemi, *Doktora Tezi*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- Kurtoğlu A., *Ağaç Malzeme Üst Yüzey İşlemleri*, İstanbul Üniversitesi, ISBN 975-404-590-9(1.Cilt), (2000).



- Leithoff, H., Peek, R.D., *Hitzebehandlung - eine Alternative zum chemischen Holzschutz*. Tagungsband zur 21. Holzschutz-Tagung der DGfH in Rosenheim: 97-108, (1998).
- Lekounougou, S., Kocaeffe, D., Bioresistance of thermally modified *Populus tremuloides* (North American Aspen) wood against four decay fungi, *International Wood Products Journal*, (2012).
- 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*, 90-95, (2011).
- Malkoçoğlu, A., Özdemir, T., Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, *Mobilya ve Dekorasyon Dergisi*, Cilt. 32, Sayfa 60-68, (1999).
- McDonald KA., Falk RH., William RS., Winandy JE., *Wood Decks. Materials, Construction, and Finishing*. Forest Products Society, Madison, WI, (1996).
- Merev N., 2003, *Odun Anatomisi ve Odun Tanımı*, Ders Kitabı, Trabzon, (2003).
- Militz, H., Tjeerdsma, B.F., Heat Treatment of Wood by the PLATO-Process, Proceedings of Special Seminar Held in Antibes, France , (2001).
- Niemz P., Hofmann T., Rétfalvi T., Investigation of chemical changes in the structure of thermally modified wood, *Maderas Ciencia Y Tecnologia*, 12(2), 69-78, (2010).
- 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, 7-13, (2012)
- Özçiftçi A., Altun S., Yapıcı F., Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, (2009).

- Payne, H. F., *Organic Coating Technology*, Volume II, Printed in New York U.S.A. Fourth Printing, (1967).
- Peters, C.C., Cumming, J.D., Measuring Wood Surface Smoothness: A Review, *Forest Products Journal*, V. 20,12, P.40-43, (1970).
- Poncsak S., Kocaefe D., Younsi R., Improvement of the heat treatment of Jack pine (*Pinus banksiana*) using ThermoWood technology, *Eur. J. Wood Prod.*, 69, 281–286, (2011)
- Rapp, A.O. and Sailer, M., Heat Treatment in Germany, Proceedings of Seminar- Production and Development of Heat Treated Wood in Europe, Helsinki, Olso, (2000)
- Rapp, A.O., Review on heat treatments of wood. In: Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France, February 9, 2000. ISBN: 3-926 301-02-3, p. 68, (2001).
- Rapp A.O., Review on heat treatments of wood, *European Thematic Network for Wood Modification*, Hamburg-Almanya, (2001).
- Richter, K., Feist, W.C., Knabe, M.T., The Effect of Surface Roughness on The Performance of Finishes, *Forest Products Journal*, V.45,7, P. 91-97, (1995).
- Sadoh, T., Nakato, K., Surface Properties of Wood in Physical and Sensory Aspects, *Wood Science and Technology*, V. 21, P.111-120, (1987).
- Sefil Y., Thermowood yöntemiyle ısıtılmış işleme uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2010).
- Sehlstedt-Persson M., Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce, *Proceedings 8th International IUFRO Wood Drying Conference*, Brasov, Romania (2003).
- Sevim Korkut D., Hızıroğlu S., Aydin A., Effect of Heat Treatment on Surface Characteristics Wild Cherry Wood, *BioResources* 8(2), 1582-1590, (2013).
- Sieminsky, R. Skarzynska, A., Surface Roughness of Different Species of Wood After Sanding, *Forest Products Journal*, P.23-25, (1989).

- Sjöström E., *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. Second Edition, Academic Press, (1993).
- Sönmez A., Budakçı M., Vernik katman kalınlığının parlaklığa etkisi, *Politeknik Dergisi*, 12 (3), 747-757, (1999).
- Steward, H.A., Comparison of Factors Affecting Power for Abrasive and Knife Planning of Hardwoods, *Forest Products Journal*, V.24,3, P.31-34, (1975).
- Stumbo, D.A., Surface Texture Measurement Methods, *Forest Products Journal*, V.17,7, P.299-303, (1963).
- Suits LD., Hsuan YG., Assessing the photo-degradation of geosynthetics by outdoor exposure and laboratory weatherometer, *Geotextiles and Geomembranes*, Vol.21, 111-122, (2003).
- Sundqvist B., Colour changes and acid formation in wood during heating. *Doctoral Thesis*, Lulea Teknoloji Üniversitesi, Skellefteå-Sweden, (2004).
- Terziev N., Boutelje J., and Söderström O., The influence of drying schedules on the redistribution of low molecular weight sugars in, *Holzforschung*, 47 (1), 3-8, (1993).
- Tjeerdsma FB., Heat treatment of wood- thermal modification, *Coford Seminar on Wood Modification: Opportunites and Challenges*, Dublin- Ireland, (2006).
- Todorovic N., Popovic Z., Miliç G., Popadic R., Estimation of heat-treated beechwood properties by color change, *BioResources*, 7(1), 799-815, (2012).
- Tozluoğlu A., Korkut S., Çöpür Y., Aytin A., Yabani Kiraz odununun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine ısıl 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 mekanik 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 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 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).
- 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, 405-409, (2005).
- Ünsal Ö., Korkut S. and Atik C., The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus, *Wood. Maderas. Cienciay Tecnologia*, 52 (2), 145-152, (2003).
- Vernois, M., Heat Treatment of Wood in France-State of the Art, Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France, (2001).

- Yaşar S., Kızılçam ekstraktif maddelerinde ısıtıl işlem uygulanması sonucu oluşan renk değışimleri üzerine araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A, Sayı:1, 95-100, (2009).
- Yeşil Y., Melanj elyaf karışımlarında renk değerlerinin yeni bir algoritma geliştirilerek tahmin edilmesi, *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, (2010).
- Yıldız S., Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (2002).
- Wikberg H., Advanced solid state nmr spectroscopic techniques in the study of thermally modified wood, *Academic Dissertation*, Helsinki Üniversitesi, Helsinki-Finland, (2004).

## ÖZGEÇMİŞ

### ***Kişisel Bilgiler***

Soyadı, adı : ÇOLAK, Gökhan  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 25.03.1989 İstanbul  
Telefon : 0 (532) 578 72 02  
e-mail : [gokhancolak@duzce.edu.tr](mailto:gokhancolak@duzce.edu.tr)

### ***Eğitim***

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Lisans	Düzce Üniversitesi / O. E. M. Bölümü	2011
Lise	İstanbul Ticaret Odası Çatalca Çok Programlı Lisesi	2006