



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

MOBİLYA ve DEKORASYON EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**RENK AÇMA İŞLEMİNİN TERMAL MODİFİKASYON YAPILMIŞ
BAZI AĞAÇ MALZEMELERE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEMİŞ AKKUŞ

MART 2012

DÜZCE



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

MOBİLYA ve DEKORASYON EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**RENK AÇMA İŞLEMİNİN TERMAL MODİFİKASYON YAPILMIŞ
BAZI AĞAÇ MALZEMELERE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEMİŞ AKKUŞ

MART 2012

DÜZCE

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

Memiş AKKUŞ tarafından hazırlanan RENK AÇMA İŞLEMİNİN TERMAL MODİFİKASYON YAPILMIŞ BAZI AĞAÇ MALZEMELERE ETKİSİ isimli Lisanüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09.02.2012 tarih ve 2012 – 66 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilimdalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Mehmet BUDAKÇI
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Abdullah TOGAY
Gazi Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. A. Cemil İLÇE
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 19.03.2012

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Memiş AKKUŞ'un Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Doç. 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 çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

19.03.2012

Memiş AKKUŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Tez Danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet BUDAKÇI'ya, teşvik ve desteklerini benden esirgemeyen Sayın Bölüm Başkanım Hocam Yard. Doç. A. Cemil İLÇE'ye, tez savunmama katılan Sayın Doç. Dr. Abdullah TOGAY'a, bölümümüz öğretim üyelerinden Sayın Hocam Yard. Doç. Dr. H. Hüseyin Ciritcioğlu, çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan Sayın Öğr. Gör. Nurettin Ay ve Öğr. Gör. Serkan Özdemire ve hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mart 2012

Memiş AKKUŞ

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ.....	6
1.1. AĞAÇ MALZEME	8
1.1.1. Sarı Çam (Pinus Sylvestris L.)	8
<i>1.1.1.1. Botanik özellikleri ve Yayılışı</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.2. Makroskopik Özellikler.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.1.3. Mikroskopik Özellikler</i>	<i>9</i>
<i>1.1.1.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler</i>	<i>10</i>
<i>1.1.1.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri</i>	<i>10</i>
<i>1.1.1.6. Kullanım Yerleri.....</i>	<i>10</i>
1.1.2. Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.).....	11
<i>1.1.2.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2.2. Makroskopik Özellikler.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2.3. Mikroskopik Özellikler</i>	<i>12</i>
<i>1.1.2.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler</i>	<i>12</i>

1.1.2.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri	12
1.1.2.6. Kullanım Yerleri	13
1.1.3. Meşe (Quercus petraea Lieble)	13
1.1.3.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı	13
1.1.3.2. Makroskopik Özellikler.....	13
1.1.3.3. Mikroskopik Özellikleri	14
1.1.3.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler.....	15
1.1.3.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri	15
1.1.3.6. Kullanım Yerleri	15
1.1.4. Gökmar (Abies Bornmülleriana Mattf)	15
1.1.4.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı	15
1.1.4.2. Makroskopik Özellikler.....	16
1.1.4.3. Mikroskopik Özellikler	16
1.1.4.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler.....	17
1.1.4.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri	17
1.1.4.6. Kullanım Yerleri	17
1.2. ISIL İŞLEM.....	18
1.2.1. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Kimyasal Etkisi.....	19
1.2.2. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Fiziksel Etkisi.....	26
1.2.3. Renk.....	27
1.2.4. Koku	27
1.2.5. İşlenme Özelliği.....	28
1.2.6. Çivilenme ve vidalanma özelliği.....	28
1.2.7. Yüzey işlemleri ve boyanma kabiliyeti.....	29
1.3. ISIL İŞLEM METOTLARI.....	30

1.3.1. Plato Metodu.....	30
1.3.2. Thermowood Metodu.....	34
<i>1.3.2.1. Kurutma Süreci</i>	<i>34</i>
<i>1.3.2.2. Isıl İşlem Süreci</i>	<i>34</i>
<i>1.3.2.3. Kondisyonlama Süreci</i>	<i>34</i>
<i>1.3.2.4. Thermowood İşleminin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları.....</i>	<i>35</i>
<i>1.3.2.5. Thermowood İşleminin Pazar Payı</i>	<i>36</i>
1.3.3. Sıcak Yağ Uygulaması.....	37
1.3.3.1. Sıcak Yağ Uygulaması Gerçekleştiren Isıl İşlem Fırının Çalışma Prensibi	38
1.3.4. Retification (Retified Wood).....	39
1.3.5. Le Bois Perdure	39
1.3.6. Stellac Yöntemine Göre Isıl İşlem.....	40
1.4. RENK AÇMA İŞLEMİ	41
1.4.1. Renk Açmada Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	42
1.4.2. Renk Açma İşleminin Teknik Yönü	42
1.4.3. Renk Açma İşleminin Yapılışı.....	43
<i>1.4.3.1. Ağartma ile Renk Açma</i>	<i>43</i>
<i>1.4.3.2. Redüksiyon Etkisi İle Renk Açma</i>	<i>44</i>
1.4.4. Renk Açma İşleminin Amaçları.....	44
1.5. RENK KAVRAMI HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	45
1.5.1. Tayf (Spektrum) Renkleri	45
1.5.2. Soğurma (Absorbsiyon) Bağlı Tamamlayıcı Renkler	47
1.5.3. Girişim Renkleri	48
1.6. RENGİN TANIMLANMASI	48
1.6.1. Munsell Renk Sistemi.....	49

1.6.2. Doğal Renk Sistemi (Natural Color System, NCS)	50
1.6.3. CIELab Sistemi.....	51
1.7. RENK ÖLÇÜMÜ	53
1.7.1. Gözle Renk Ölçümü	53
1.7.2. Aletsel Renk Ölçümü.....	54
1.8.AĞAÇ MALZEMEDE SERTLİK KAVRAMI VE SERTLİK TESTLERİ .	54
1.8.1. Çizilmeye Karsı Direnç Esasına Dayalı Sertlik Testleri	54
1.8.2. Sert Bir Maddenin Batmasına Karsı Direnç Esasına Dayalı Sertlik Testleri	55
1.8.3. Periyodik Deformasyon Karsısında Yorulma Direnci Esasına Dayalı Sertlik Testleri	56
1.9. PARLAKLIK KAVRAMI	57
1.10. LİTERATÜR ÖZETİ	59
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	65
2.1. AĞAÇ MALZEME.....	65
2.2. ISIL İŞLEM.....	65
2.3. RENK AÇMA İŞLEMİ	65
2.3.1. Renk Açma İşleminde Kullanılan Kimyasallar	65
2.3.1.1. Hidrojen Peroksit (H_2O_2)	65
2.3.1.2. Sodyum hidroksit ($NaOH$)	65
2.3.1.3. Sodyum Silikat ($NaSiO_3$).....	66
2.3.1.4. Oksalik asit ($H_2C_2O_4$)	66
2.3.2. Renk Açma İşleminin Uygulanması	66
2.4. RENK ÖLÇÜMÜ	67
2.5. SERTLİK.....	69
2.6. YÜZEY PARLAKLIĞININ BELİRLENMESİ.....	69

2.7. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	71
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	72
3.1. RENK DEĞİŞİM DEĞERLERİ	72
3.1.1. Kırmızı Renk Değeri (+a)	72
3.1.2. Sarı Renk Değeri (+b)	86
3.1.3. Işıklılık Değeri / Renk Parlaklığı (L)	100
3.1.4. Toplam Renk Değişim Değeri (ΔE).....	114
3.2. PARLAKLIK DEĞERİ.....	127
3.3. SERTLİK DEĞERİ	141
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	155
4.1. RENK DEĞİŞİM DEĞERLERİ	155
4.1.1. Kırmızı Renk Değeri (+a)	155
4.1.2. Sarı Renk Değeri (+b)	157
4.1.3. Işıklılık Değeri / Renk Parlaklığı (L)	159
4.1.4. Toplam Renk Değişim Değeri (ΔE).....	161
4.2. PARLAKLIK DEĞERİ.....	163
4.3. SERTLİK DEĞERİ	166
5. KAYNAKLAR.....	169
6. ÖZGEÇMİŞ	178

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Selülozun moleküler yapısı.	20
Şekil 1.2. Hemiselülozların pentoz ve heksoz monomerleri.	21
Şekil 1.3. Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri.	21
Şekil 1.4. Ligninin yapısal modeli.	22
Şekil 1.5. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması.	25
Şekil 1.6. Hidro – termoliz aşaması.	32
Şekil 1.7. Isıl işlem esnasında kerestenin ön kurutma, kurutma ve kondüsyonlama işlemini gerçekleştiren endüstriyel fırın.	33
Şekil 1.8. Denkleştirme aşaması için kullanılan endüstriyel fırın.	33
Şekil 1.9. Thermowood ısıl işlem diyagramı.	35
Şekil 1.10. Thermowood üretiminin 2001 – 2006 yılları arasındaki satış miktarı ve 2007 yılına ait tahmin edilen satış miktarıdır.	36
Şekil 1.11. 2001–2006 yılları arasında ağaç türlerine göre thermowood ısıl işlem üretim oranları.	37
Şekil 1.12. Sıcak yağ uygulaması gerçekleştiren ısıl işlem tankı.	38
Şekil 1.13. Sıcak yağ uygulaması gerçekleştiren ısıl işlem fırının temel tasarım planı.	39
Şekil 1.14. Stellac yönteminin ısıl işlem süreci.	40
Şekil 1.15. Gün ışığının bir prizmadan kırılarak tek dalga boylu renklere ayrışması. ...	46
Şekil 1.16. Görülebilir tayf ve mikron olarak dalga boyları.	46
Şekil 1.17. Munsell renk ağacının seyreltilmiş bir görünümü.	49
Şekil 1.18. Doğal Renk Sistemi (NCS) uzaydaki doymuş renklerin gösterimi.	50
Şekil 1.19. Doğal renk sistemi NCS'nin renk uzayının, bir renk tonundaki farklı doymuşluk ve ışıklılıktaki renklerin toplu görünümü.	51
Şekil 1.20. Kromatik diyagramı, belli bir ışıklılık durumundaki renk düzleminde, renklerin koordinatları x, y cinsinden nasıl ifade edileceğini göstermektedir.	52
Şekil 1.21. CIELab renk uzayının L, a ve b koordinatları ile ve bunların ifade ettiği renklerin gösterimi.	52
Şekil 1.22. Standart kalem sertlikleri yumuşaktan sert olana doğru sıralanması.	55
Şekil 1.23. Pandüllü sertlik ölçme cihazı (BYK Gardner).	57

Şekil 1.24. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60° de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri.	57
Şekil 2.1. BYK Gardner Spektro-guide 45/0 ölçüm prensibi.	68
Şekil 2.2. $CIE L^* a^* b^*$ renk alanı.	68
Şekil 2.3. Sertlik ölçme cihazı (Shoremetre - D).	69
Şekil 2.4. BYK – GARDNER SPEKTRO-GUİDE 45/0 renk ve parlaklık ölçer cihazı.	70
Şekil 2.5. a. Gönderilen ve algılanan ışık, b. %100 gönderilen ışık ve %10 yansıyan ışık, c. %100 gönderilen ışık ve %85 yansıyan ışık.	70
Şekil 3.1. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.	74
Şekil 3.2. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	75
Şekil 3.3. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	75
Şekil 3.4. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	76
Şekil 3.5. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	77
Şekil 3.6. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	77
Şekil 3.7. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.	78
Şekil 3.8. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.	79
Şekil 3.9. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	79
Şekil 3.10. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	80
Şekil 3.11. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	81
Şekil 3.12. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	82
Şekil 3.13. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	83
Şekil 3.14. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	84
Şekil 3.15. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	85
Şekil 3.16. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.	88
Şekil 3.17. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	89
Şekil 3.18. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	89
Şekil 3.19. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	90
Şekil 3.20. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	91
Şekil 3.21. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	91
Şekil 3.22. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.	92

Şekil 3.23. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.	93
Şekil 3.24. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	94
Şekil 3.25. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	94
Şekil 3.26. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	95
Şekil 3.27. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	96
Şekil 3.28. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	97
Şekil 3.29. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	98
Şekil 3.30. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	99
Şekil 3.31. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.	102
Şekil 3.32. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	103
Şekil 3.33. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	103
Şekil 3.34. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	104
Şekil 3.35. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	105
Şekil 3.36. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	105
Şekil 3.37. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.	106
Şekil 3.38. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.	107
Şekil 3.39. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	107
Şekil 3.40. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	108
Şekil 3.41. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	109
Şekil 3.42. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	110
Şekil 3.43. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	111
Şekil 3.44. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	112
Şekil 3.45. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	113
Şekil 3.46. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.	115
Şekil 3.47. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	116

Şekil 3.48. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	116
Şekil 3.49. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	117
Şekil 3.50. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.....	117
Şekil 3.51. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	118
Şekil 3.52. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.....	119
Şekil 3.53. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.....	119
Şekil 3.54. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	120
Şekil 3.55. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	121
Şekil 3.56. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	122
Şekil 3.57. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	123
Şekil 3.58. Ağaç türü, ısı işlem sıcaklığı ve ısı işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	124
Şekil 3.59. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	125
Şekil 3.60. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	126
Şekil 3.61. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.....	129
Şekil 3.62. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.....	130
Şekil 3.63. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	130
Şekil 3.64. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	131
Şekil 3.65. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.....	132
Şekil 3.66. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	132
Şekil 3.67. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.....	133
Şekil 3.68. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.....	134
Şekil 3.69. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	134
Şekil 3.70. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	135
Şekil 3.71. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	136
Şekil 3.72. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	137
Şekil 3.73. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	138

Şekil 3.74. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	139
Şekil 3.75. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	140
Şekil 3.76. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.	143
Şekil 3.77. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	144
Şekil 3.78. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	144
Şekil 3.79. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	145
Şekil 3.80. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.	146
Şekil 3.81. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.....	146
Şekil 3.82. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.	147
Şekil 3.83. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.	148
Şekil 3.84. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	148
Şekil 3.85. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	149
Şekil 3.86. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.	150
Şekil 3.87. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	151
Şekil 3.88. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	152
Şekil 3.89. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.....	153
Şekil 3.90. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.	154

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Sarıçamın fiziksel ve mekanik özellikleri.	10
Çizelge 1.2. Doğu kayının fiziksel ve mekanik özellikleri.....	12
Çizelge 1.3. Meşe malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri.	15
Çizelge 1.4. Gökarnın fiziksel ve mekanik özellikleri.	17
Çizelge 1.5. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kullanım yerleri.....	36
Çizelge 1.6. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması.	58
Çizelge 2.1. Renk açmada kullanılan çözelti grupları.	66
Çizelge 3.1. Kırmızı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.	72
Çizelge 3.2. Kırmızı renk değerleri, ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıt işlem sıcaklığı ve ısıt işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	73
Çizelge 3.3. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	74
Çizelge 3.4. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	74
Çizelge 3.5. Isıt işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	75
Çizelge 3.6. Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	76
Çizelge 3.7. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	76
Çizelge 3.8. Ağaç türü – Isıt işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	77
Çizelge 3.9. Çözelti grubu – Isıt işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları. .	78
Çizelge 3.10. Ağaç türü – Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	79
Çizelge 3.11. Çözelti grubu – Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	79
Çizelge 3.12. Isıt işlem sıcaklığı – Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	80
Çizelge 3.13. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıt işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	81
Çizelge 3.14. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	82
Çizelge 3.15. Ağaç türü – Isıt işlem sıcaklığı – Isıt işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	83
Çizelge 3.16. Çözelti grubu – Isıt işlem sıcaklığı – Isıt işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	84

Çizelge 3.17. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	85
Çizelge 3.18. Sarı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.	86
Çizelge 3.19. Sarı renk değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	87
Çizelge 3.20. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	88
Çizelge 3.21. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	88
Çizelge 3.22. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	89
Çizelge 3.23. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	90
Çizelge 3.24. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	90
Çizelge 3.25. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	91
Çizelge 3.26. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	92
Çizelge 3.27. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	93
Çizelge 3.28. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	93
Çizelge 3.29. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	94
Çizelge 3.30. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	95
Çizelge 3.31. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	96
Çizelge 3.32. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	97
Çizelge 3.33. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	98
Çizelge 3.34. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	99
Çizelge 3.35. Işıklılık değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.	100
Çizelge 3.36. Işıklılık değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	101
Çizelge 3.37. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	102
Çizelge 3.38. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	102
Çizelge 3.39. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	103
Çizelge 3.40. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	104
Çizelge 3.41. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	104

Çizelge 3.42. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	105
Çizelge 3.43. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	106
Çizelge 3.44. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	106
Çizelge 3.45. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları...	107
Çizelge 3.46. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	108
Çizelge 3.47. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	109
Çizelge 3.48. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	110
Çizelge 3.49. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	111
Çizelge 3.50. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	112
Çizelge 3.51. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	113
Çizelge 3.52. Toplam renk değişim değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.	114
Çizelge 3.53. Toplam renk değişim değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	114
Çizelge 3.54. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	115
Çizelge 3.55. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	115
Çizelge 3.56. Isıl işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	116
Çizelge 3.57. Isıl işlem süresinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	117
Çizelge 3.58. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	117
Çizelge 3.59. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları. ...	118
Çizelge 3.60. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	118
Çizelge 3.61. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	119
Çizelge 3.62. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları...	120
Çizelge 3.63. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	120

Çizelge 3.64. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	121
Çizelge 3.65. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	122
Çizelge 3.66. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	123
Çizelge 3.67. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.....	124
Çizelge 3.68. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.....	126
Çizelge 3.69. Parlaklık ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.....	127
Çizelge 3.70. Parlaklık değerleri, ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	128
Çizelge 3.71. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	129
Çizelge 3.72. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	129
Çizelge 3.73. Isıl İşlem Sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	130
Çizelge 3.74. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	131
Çizelge 3.75. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	131
Çizelge 3.76. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları. ...	132
Çizelge 3.77. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	133
Çizelge 3.78. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	133
Çizelge 3.79. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları...	134
Çizelge 3.80. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	135
Çizelge 3.81. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	136
Çizelge 3.82. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	137
Çizelge 3.83. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	138
Çizelge 3.84. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	139

Çizelge 3.85. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	140
Çizelge 3.86. Sertlik direnci aritmetik ortalama değerleri.....	141
Çizelge 3.87. Sertlik direncine ağaç türü, çözelti çeşidi, ısı işlem sıcaklığı ve ısı işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.	142
Çizelge 3.88. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	143
Çizelge 3.89. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	143
Çizelge 3.90. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	144
Çizelge 3.91. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	145
Çizelge 3.92. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	145
Çizelge 3.93. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları. ...	146
Çizelge 3.94. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	147
Çizelge 3.95. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	147
Çizelge 3.96. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları...	148
Çizelge 3.97. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	149
Çizelge 3.98. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	149
Çizelge 3.99. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	150
Çizelge 3.100. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.	151
Çizelge 3.101. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.	152
Çizelge 3.102. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.....	154

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASTM D	Amerika standartizasyon kurumu
Ç1	$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$
Ç2	$\text{NaSiO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$
Ç3	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Oksalik asit
H_2O_2	Hidrojen peroksit
ISO	Uluslararası standardizasyon örgütü
LDN	Lif doygunluğu noktası
LSD	En küçük önemli fark
NaOH	Sodyum hidroksit
NaSiO_3	Sodyum silikat
%S	Kimyasal maddenin % safsızlık oranı
a	Dinamik eğilme direnci
a	Kırmızı renk değeri
b	Sarı renk değeri
D	Çözeltilerin yoğunluğu
D_{12}	Hava kurusu haldeki yoğunluk
D_0	Tam Kuru haldeki Yoğunluk
E-mod	Elastikiyet modülü
L	Işıklılık değeri
M/M	İstenen çözeltinin ağırlıkça yüzdesi
Mç	Hazırlanması istenen çözeltinin miktarı
Mg	İstenilen çözeltinin miktarı (g)
V/V	İstenen çözeltinin hacimce yüzdesi
$V_{\text{ç}}$	Hazırlanması istenen çözeltinin miktarı
V_{ml}	İstenen çözeltinin miktarı (ml)
β_r	Radyal yönde daralma yüzdesi
β_t	Teğet yönde daralma yüzdesi
β_v	Hacmen daralma yüzdesi
Δa	Toplam kırmızı renk değişim değeri
Δb	Toplam sarı renk değişim değeri
ΔE	Toplam renk değişim değeri

ΔL	Toplam ışıklılık değışim değeri
σ_b	Basınç direnci
σ_{ϕ}	Çekme direnci
σ_e	Eğilme direnci

ÖZET

RENK AÇMA İŞLEMİNİN TERMAL MODİFİKASYON YAPILMIŞ BAZI AĞAÇ MALZEMELERE ETKİSİ

Memiş AKKUŞ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mehmet BUDAKÇI

Aralık 2011, 181 sayfa

Bu çalışmanın amacı, renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisini belirlemektir. Bu amaçla ısıtılma işlemi sonrası ağaç malzeme meydana gelen bazı fiziksel bozunmaları gidermek için çeşitli renk açma kimyasalları kullanarak, malzemenin doğal renk, parlaklık ve sertlik değerleri elde edilmeye çalışılmıştır. Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), Sapsız meşe (*Quercus petraea L.*), Doğu kayın (*Fagus Orientalis L.*) ve göknar (*Abies Bornmülleriana Mattf.*) odunlarından hazırlanan örnekler, farklı sıcaklıklarda (140–160°C) ve farklı zaman (3-5-7 saat) periyotlarında ısıtılma işlemi tabii tutulmuştur. Daha sonra malzeme yüzeylerine % 18 konsantrasyondaki renk açma çözeltileri Ç1 (NaOH + H₂O₂), Ç2 (NaSiO₃ + H₂O₂) ve Ç3 (H₂C₂O₄) uygulanarak, oluşan renk, parlaklık ve sertlik değişim değerleri, ASTM D 2224, EN ISO 2813 ve ASTM D 2240 standartlarına göre belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre; kullanılan renk açma çözeltileri ısıtılma işlemi görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, renk ve parlaklık değerlerinde azalma, sertlik değerinde ise artışa yol açmıştır. Buna göre; ısıtılma işlemi görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde doğal renk, parlaklık ve sertlik değerlerine yakın sonuçlar elde edebilmek için Ç1 ve Ç2 çözelti grupları tercih edilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ağaç Malzeme, Isıl İşlem, Renk Açma, Parlaklık, Sertlik,

ABSTRACT

THE EFFECTS OF BLEACHING PROCESS ON SOME WOOD SPECIES MODIFIED WITH THERMAL TREATMENT

Memiş AKKUŞ

DUZCE UNIVERSITY

Institute of Science and Technology, Department of Furniture and Decoration Education

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet BUDAKÇI

March 2012, 181 pages

The aim of this study is to determine the effect to some heat – treated woods of bleaching process. For this purpose, natural color, brightness and hardness values of woods - Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*), Sessile oak (*Quercus petraea L.*), Eastern beech (*Fagus orientalis L.*), and fir (*Abies bornmülleriana Mattf.*) – are to be obtained by using variety of bleaching chemicals in order to measure some physical degradation occurred after heat treatment. The woods were exposed to heat treatment at different temperatures of 140⁰C and 160⁰C, and at different times periods for 3, 5, and 7 hours. Then S1 (NaOH + H₂O₂), S2 (NaSiO₃ + H₂O₂) and S3 (H₂C₂O₄) solutions at concentration of 18% were applied to the material surfaces in order to identify change values of color, brightness and, hardness according to ASTM D 2224, EN ISO 2813 and ASTM D 2240 standards. According to research result, the bleaching solutions used to heat-treated wood surfaces causes to decrease of color and brightness values but increase the hardness values. So, the result indicated that the application of the S1 and S2 solutions groups gave more closed to natural color, brightness and hardness values for the heat-treated wood surfaces.

Keywords: Bleaching Process, Brightness Colour, Heat Treatment, Hardness, Wood Material

EXTENDED ABSTRACT

THE EFFECTS OF BLEACHING PROCESS ON SOME WOOD SPECIES MODIFIED WITH THERMAL TREATMENT

Memiş AKKUŞ

DUZCE UNIVERSITY

Institute of Science and Technology, Department of Furniture and Decoration Education

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet BUDAKÇI

March 2012, 181 pages

I. INTRODUCTION

Impregnation substance used for wood protect has toxic contents which threat human health and the environment. Recently, using harmful impregnation substances for wood protect are either limited or completely prohibited in the world and Turkey.

The high temperature heat treatment technology for wood has recently attracted a lot of interest in North America and Europe as an environment friendly wood protection method. Heat treatment is a physical process caused to changes chemical composition in compounds of wood cell wall. The basic idea of the method is; when accelerating chemical reactions, wood exposed of the heat-treatment at temperatures approximately 150⁰C and above.

Wood material applied to heat treatment to gain more a hydrophobic (water repellent) structure. Thus, heat treated wood becomes more resistant against the insects and fungi damages and has a better dimensional stability. Beside, heat treatment methods used for wood protection have disadvantages caused a decrease in values of strength and physical properties of wood. After the heat treatment, wood material becomes darker in color and occurs negative effects in its brightness and hardness.

The purpose of this study is to achieve natural color, brightness and hardness values of woods - Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*), Sessile oak (*Quercus petraea L.*),

Eastern beech (*Fagus orientalis* L.), and fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) – using variety of bleaching chemicals in order to measure some physical degradation occurred after heat treatment.

II. MATERIALS AND METHODS

Wood samples of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), eastern beech (*Fagus orientalis* L.), and oak (*Quercus petraea* L.) were used during experiment preparation due to their common usage in the furniture and decoration industry in Turkey. The woods were exposed to heat treatment at different temperatures of 140⁰C and 160⁰C, and at different time periods for 3, 5, and 7 hours. S1 (NaOH + H₂O₂), S2 (NaSiO₃ + H₂O₂) and S3 (H₂C₂O₄) solutions at concentration of 18% were applied to the material surfaces in order to identify change values of color, brightness and, hardness according to TS 2470-6037, 2240-2224, and ASTM D ISO 2813 standards. Statistical evaluation was obtained by comparing between control samples with bleached samples after application of heat treatment.

III. RESULTS AND DISCUSSION

According to the findings of this study, it is obtained that optimum result of the red color value is given to pine and fir bleached with S1 solution after being subjected to heat treatment. Beech and oak woods are also provided with S3 solution.

As a result of the yellow color value, the S2 bleaching solution applied on heat treated pine and fir has been resulted to yellow color value that is close to natural one. The similar situation is obtained that S1 solution group applied on the beech and S3 solution group applied on oak.

When evaluation is made in terms of total color change and color brilliance, S2 solution has been resulted to natural one in all of the heat-treated wood surfaces. Comparisons in the level of surface brightness, S1 solution has been resulted to natural one in all of the heat-treated wood surfaces. The chemical bleaching substances applied to the heat-treated test samples is increased in hardness values of fir and pine but decreased oak and beech.

It has been stated due to fact that heat treatment reduce to pH value of wood and it has a more acidic structure. Thus, the color of wood is becoming more reddish (Sundqvist et

al., 2006). In this context, it has concluded that there is the inverse proportion between wood pH and darkening of the wood color. The reactive substances giving color is released by decomposition of hemicellulose and breaking the α - and β -arylether bonds in the lignin (Sundqvist et al., 2006). The value of total lightness change occurred in wood after the heat treatment can be strongly related to hemicellulose in beech, lignin in pine and gluxylan in spruce (Gonzalez-Pena ve Hale, 2009). The decreasing pH value of wood material is indicated to decrease its brightness value. The findings are in accordance with the literature.

IV. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

As a result, heat treatment caused to change to the values of color, brightness and hardness of wood surface with respect to type of wood material, temperature of heat treatment, time of heat treatment and the method of heat treatment. From the results it can be concluded that the bleaching solutions used to heat-treated wood surfaces causes to decrease of color and brightness values but increase the hardness values. So, the result indicated that the application of the S1 and S2 gave more closed to natural color, brightness and hardness values for the heat-treated wood surfaces.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme yüzyıllardır iç ve dış dekorasyonun vazgeçilmez malzemesi olmuştur. Ancak doğal organik, higroskopik, anizotrop ve heterojen bir yapıya sahip olduğu için yanabilmekte, böcekler tarafından tahrip edilebilmekte, mantarlar tarafından çürütülebilmekte, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutları değişebilmekte, güneş ışınlarının etkisi ile solmaktadır. Her ne kadar ağaç malzeme bazı dış etkilere karşı yeterli direnci gösterecek doğal dayanıklılığa sahip olsa da, harici etkilere uzun süre dayanamaz. Bu nedenle, ağaç malzeme emprenye edilmekte veya yüzeyleri koruyucu katmanla kaplanmaktadır (Sönmez ve Budakçı 2004).

Geleneksel odun emprenye maddeleri üzerine yoğunlaşan çevresel duyarlılık beraberinde yeni kimyasal maddelerin, metodların ve yeni ürünlerin geliştirilmesi amacı ile bilimsel araştırmaların da artmasına neden olmaktadır. Dünyada ve ülkemizde gelişmekte olan teknolojiyle beraber, ağaç malzemenin emprenye veya toksik madde içeren kimyasallar kullanılarak korunması ya sınırlandırılmakta ya da tamamen yasaklanmaktadır (Budakçı ve diğ. 2011; Aydemir ve Gündüz 2009; Kocaefe ve diğ. 2007).

Avrupada ve son zamanlarda Kuzey Amerika da ağaç malzemenin ısı ile muamelesi (ısıl işlem), çevre dostu bir odun koruma metodu olarak dikkatleri üzerine çekmektedir. Ağaç malzemenin termal modifikasyonu bilimsel olarak ilk defa Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White, 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda çalışmalar yapmış, Kollman ve Schnoider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri geniş kapsamlı bir şekilde yayınlamışlardır (Mayes and Oksanen 2002). Aslında modifikasyon amaçlı termal (ısıl) işlemler uzun yıllardan bu yana odunun çeşitli özelliklerini değiştirmek ve iyileştirmek amacı ile ağaç malzemeye uygulanmaktadır (Boonstra 2008). Isıl işlem, ağaç malzeme hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri, kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150⁰C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem esnasında uygulanan sıcaklığın artması ile ağaç malzeme gittikçe hidrofobik (su itici) bir yapı kazanmaktadır. Böylelikle biyolojik zararlıların zararlı etkilerine karşı daha dirençli bir hale gelir. Bunun yanında ısıtma işlemi görmemiş ağaç malzemeyle karşılaştırıldığında daha iyi bir boyutsal stabilite (sağlamlığı) kazanmakta ve sertliği artmaktadır. Ağaç malzeme daha hidrofobik olduğu için su tarafından ıslanabilirliği azalır. Çevre kirliliğini ve odun modifikasyonu maliyetini azaltmak suretiyle alternatif bir odun koruma yöntemi olarak değerlendirilen ısıtma işleminin avantajları ile birlikte dezavantajları da bulunmaktadır. Ağaç malzemenin mukavemet değerlerinde ve fiziksel özelliklerinde düşüşe sebep olmaktadır. Isıtma işlemi sonrası ağaç malzeme renginin koyulaşması, parlaklık ve sertlikte meydana gelen olumsuz etkiler, ısıtma işlemi modifikasyonun dezavantajları arasında yer almaktadır (Yıldız 2002; Budakçı ve diğ. 2011; Ünsal ve diğ. 2003; Johansson 2005).

Bu çalışmanın amacı, renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisini belirlemektir. Bu amaçla ısıtma işlemi sonrası ağaç malzeme meydana gelen bazı fiziksel bozunmaları gidermek için çeşitli renk açma kimyasalları kullanarak, malzemenin doğal renk, parlaklık ve sertlik değerleri elde edilmeye çalışılmıştır. Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*), Sapsız meşe (*Quercus petraea L.*), Doğu kayın (*Fagus Orientalis L.*) ve göknar (*Abies Bornmülleriana Mattf.*) odunlarından hazırlanan örnekler, farklı sıcaklıklarda (140–160⁰C) ve farklı zaman (3-5-7 saat) periyotlarında ısıtma işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra malzeme yüzeylerine % 18 konsantrasyondaki renk açma çözeltileri Ç1 (NaOH + H₂O₂), Ç2 (NaSiO₃ + H₂O₂) ve Ç3 (H₂C₂O₄) uygulanarak, oluşan renk, parlaklık ve sertlik değişim değerleri belirlenmiştir.

1.1. AĞAÇ MALZEME

1.1.1. Sarı Çam (Pinus Sylvestris L.)

1.1.1.1. Botanik özellikleri ve Yayılışı

Sarıçam, narin gövdeli, ince dallı ve sivri tepeli olabildiği gibi, dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı da olabilir. Bazı hallerde fakir topraklar üzerinde çalı halinde, bodur bir vaziyette de olabilir. Genç gövdelerde, yaşlı ağaçların yukarı kısımlarında ve kalın dallarda tilki sarısı rengindeki kabuk gayet ince levhalar halinde ayrılmaktadır. Yaşlı gövdelerde ise gri renkli, kahverengi ve çatlaklıdır. Genç sürgünleri yeşilimsi bir renktedir. İkinci yıldan itibaren bu renk gri kahverengine dönüşür. Tomurcukları uzun yumurta biçiminde 6 – 12 mm boyunda, sivri uçlu, reçinesiz, kırmızımtırak kahverengindedir. Sürgünün ucunda ise pul şeklinde brahtelerle birlikte bunların koltuklarında yalnız iğne yaprakları taşıyan kısa sürgünler yer almıştır. Kısa sürgünlerin ucunda ise iki adet iğne yaprak vardır. Tek internodlu ve yaz sürgünü yapmayan çamlardandır. Kısa sürgünler, uzun sürgünlerin üst tarafındaki tomurcuk pullarının koltuklarında yer almıştır. Ve boyları 0.5 – 2.5 mm'dir. İğne yaprakları 4 – 8 cm boyunda sert, sivri uçlu, kenarları dişli, mavimtırak yeşil, gri yeşil veya açık yeşil renktedir. Ortalama 2 – 5 yıl ömürlüdür. Alt yüzeylerinde stoma izleri vardır. Erkek çiçekler vejetasyon mevsiminin başında belirmeye başlar. Çok sayıda etaminlerden oluşmaktadır. Her etamin alt yüzeyinde iki adet çiçek tozu torbası vardır. Dişi çiçekler kozalak halindedir. Çok sayıda çiçekten oluşan bir kurul halindedir. Her bir karpelin (pulun) üst yüzünde iki adet tohum tomurcuğu vardır. Kozalaklar döllendikten sonra kırmızımtırak olan renk önce yeşile daha sonraları kahverengi, veya boz mata değişir. İkinci yılın sonunda olgunlaşır. Boyları 3 – 8 cm, nisan ve mayıs aylarında açılarak tohumları dökülür. Tohum boyu 3 – 4 mm, ortalama bindane ağırlığı 9.6 gr'dır. Kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve orta Anadolu sarıçamın asıl yayılış bölgeleridir. Orta Anadolu'da akdağ, Çamlıbel, Yozgat, Tokat, Sivas, Eskişehir, Afyon dolaylarında yayılmaktadır. Sarıkamış Ziyaret tepede 2700 metreye, Artvin Borçka'da ise 200 metreye kadar inmektedir. Genel olarak 1000 – 2500 metreler arasında toplu yayılışını yapmaktadır (Aslan 1994).

Çamlar Pinaceae familyasının en önemli cinslerinden biridir. Sarıçam 30 – 45 m boy, 0,6 – 1.0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun olup, kullanılabilir gövde uzunluğu 18 – 20 m’dir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.1.2. Makroskopik Özellikler

Diri odun 5 – 10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. İlkbahar odunundan yaz oduna geçiş ani, bazen yavaştır. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar ve geniş olabilir. Radyal kesitte yaz odunu birbirine paralel şeritler halinde görülür. Öz ışınları çıplak gözle görülmemektedir. Sadece yaz odununda belirgin olabilir. Radyal kesitte enine, ince bantlar teşkil eder. Boyuna parâşimler yoktur. Reçine kanalları ladin ve melezden büyük ve çok sayıda, yaz odununda açık, ilkbahar odununda koyu lekeler şeklinde bulunurlar. Raydal ve teğet kesitte ise, boyuna çizikler halindedir. Odun mat olup, parlak değildir. Taze halde iken reçine kokuludur. Dekoratif bir görünüşü vardır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.1.3. Mikroskopik Özellikler

Sarıçamın mikroskopik yapısını incelediğimizde; yıllık halka sınırları belirgin yaz odunu traheidleri radyal çok yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. Traheidlerin çapı 10-50 µm, uzunlukları 1800-4500 µm’dir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlı, ilkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır. Öz ışınları tek sıralı, reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2 – 5 sıralıdır. Öz ışınları yüksekliği çoğunlukla 1 – 12 hücre, bazen 15 hücreden fazladır. Heterojen yapıdadır. Öz ışını traheidleri her iki tarafta 1 – 3 sıralı, bazen de öz ışını içerisinde bulunmaktadır. Bunların çeperleri kaba dişilidir. Öz ışını parâşim hücrelerinin çeperleri ince, enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır. Karşılaşma yeri geçitleri 1 – 2 adet ve pencere tipindedir. Boyuna parâşim hücreleri bulunmamaktadır. Boyuna reçine kanalları çoğunlukla tek tek ve genellikle yaz odunu içerisinde bulunurlar. Ladin ve melezden daha fazla sayıdadır. Epitel hücrelerinin çeperleri incedir (Bozkurt ve Erdin 2000).

Ülkemizde doğal olarak yetişen diğer çam türlerinde genç ağaçlarda diri odun geniş, sarıçamda ise daha dardır. Öz odun rengi kızılçamda daha koyu ve yıllık halka sınırları kaba dalgalıdır. Fıstık çamında yıllık halkalar nispeten geniş olup, odununda bulunan limonen maddesi nedeniyle limon gibi kokmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.1.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Sarıçamın fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Sarıçamın fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 2000).

SARIÇAMIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Tam kuru haldeki Yoğunluk	$D_o = 0,49 \text{ g/cm}^3$
Hava Kuru Haldeki Yoğunluk(% 12)	$D_{12} = 0,52 \text{ g/cm}^3$
Radyal Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_r = \% 4.0$
Teğet Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_t = \% 7.7$
Hacmen Daralma Yüzdesi	$\beta_v = \% 12.1$
SARIÇAMIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
Elastikiyet Modülü	$E_{\text{mod}} = 11\,700 \text{ N/mm}^2$
Eğilme Direnci	$\sigma_e = 98 \text{ N/mm}^2$
Çekme Direnci	$\sigma_{\text{ç}} = 102 \text{ N/mm}^2$
Basınç Direnci	$\sigma_b = 54 \text{ N/mm}^2$
Dinamik eğilme Direnci	$a = 0.39\text{-}0.70 \text{ kN/cm}$

1.1.1.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri

Kurutma ve işlenme özellikleri bakımından sarıçam kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Tozların ekzemeye neden olabilir. Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği bakımından, öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas, odunun rutubeti % 25’ den fazla olduğu hallerde, 20 – 25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu görülür. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay emprenye edilmektedir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.1.6. Kullanım Yerleri

Kullanış yerleri bakımından sarıçam, binaların iç ve dış maksatlarında, pencere doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği, ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca dikili ağaçlardan (özellikle kızılçamlardan) reçine elde edilmektedir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.2. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.)

1.1.2.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı

Doğu kayını 30 – 40 metre kadar boy ve bir metre kadar çap yapabilen dolgun, düzgün gövdeli birinci sınıf bir orman ağacıdır. Kabuğu açık kül rengine, ince ve düzgün yapıdadır. Genç sürgünleri tüylü olup 6 – 12 cm uzunluğundadır. Taze iken kenarları kirpiklidir. Alt yüzünde damar boyunca ipek tüylü, diğer tarafları çıplaktır. 7 – 10 çift yan damarları vardır. 5 – 15 mm uzunluktaki yaprak sapı tüylüdür (Aslan 1994).

Çiçekler yaprakların koltuklarında yer alırlar. Kupula iki çeşit pullarla kaplıdır. Kupulanın üst kısmındakiler biz şeklinde, aşağı kısmındakiler ise daha geniş şerit biçiminde pullarla örtülmüştür. Meyve üç köşeli, kahverengi, yumurtamsı biçimde tek tohum taşıyan bir nustur (1.2 – 2.2 cm). Meyve sapı 2.5 – 3.5 cm boyunda ve tüylerle kaplıdır. Çiçeklenme Nisan ayında yapraklanma ile beraber başlamakta ve ekim ayında olgunlaşmaktadır. Erkek ve dişi çiçekler aynı ağaç üzerinde bulunmakta (bir cinsli bir evcikli) ve tozlaşma rüzgârla (Anemogam) olmaktadır. Doğu kayını tohumunun ortalama bin dane ağırlığı 273 gr'dır (Aslan 1994).

Doğu kayını batıda balkanlardan başlayarak Anadolu, Kafkasya, Kuzey İran üzerinden Kıırma kadar uzanmaktadır. Türkiye'de Karadeniz sahillerinde, Istrancadan Türk-Sovyet sınırına kadar uzanmaktadır. Ayrıca Kocaeli yarım adası ile Marmara bölgesinde, Akdeniz bölgesinde Amonas dağları ile Andırın dağlarında bulunmaktadır (Aslan 1994).

1.1.2.2. Makroskopik Özellikler

Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. 80 yaşı üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzensiz şekilli, iç kısımda dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun bulunur. Dağınık trahelidir, yıllık halka sınırları yaz odunu tabakasında trahelerin az sayıda olması nedeniyle belirgindir. Traheler küçük çaplıdır. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmekte, 0.5 – 0.1 mm aralıkla uzanmakta ve kalın özışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Raydal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halindedirler. Odunu sert ve ağırdır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.2.3. Mikroskopik Özellikler

Dağınık traheli, traheler yaz odununa doğru gidildikçe sayıları azalmakta, çapları küçülmektedir. Trahe sayısı fazla olup mm^2 ' de 80 – 180 adet, teğet çapları 60 – 80 (100) μm , şekilleri yuvarlak, oval ya da köşelidir. Perforasyon tablaları basit ve yaz odunundaki küçük çaplı trahelerde 20 bölmeye kadar merdivenimsidir. Traheler arası geçitler horizontal sıralı veya bazen merdivenimsidir. Öz odununda içleri yabancı maddelerle dolu traheler bulunabildiği gibi tüller de mevcuttur. Boyuna paranzimler çok sayıda, apotraheal dağınık ve teğet sıralıdır. Öz ışınları iki tipte, geniş öz ışınları 15 – 25 hücre genişliğinde, homojen yapıdadır. Çok nadir olarak heterojen öz ışınlarına rastlanmakta, trahelerle karşılaşma yerlerinde büyük geçitler görülmektedir. Dar öz ışınları 1 – 5 hücre genişliğinde, yükseklikleri 500 μm kadardır. Geniş öz ışınları ise birkaç mm yüksekliktedirler. Esas doku genellikle kalın çeperli libriform liflerinden oluşmakta ve az miktarda da lif traheidleri bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.2.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Doğu kayının fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Doğu kayının fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 2000).

DOĞU KAYININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Tam kuru haldeki Yoğunluk	$D_o = 0,68 \text{ g/cm}^3$
Hava Kuru Haldeki Yoğunluk(% 12)	$D_{12} = 0,72 \text{ g/cm}^3$
Radyal Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_r = \% 5.8$
Teğet Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_t = \% 11.8$
Hacmen Daralma Yüzdesi	$\beta_v = \% 17.9$
DOĞU KAYININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
Elastikiyet Modülü	$E_{\text{mod}} = 15\,700 \text{ N/mm}^2$
Eğilme Direnci	$\sigma_e = 120 \text{ N/mm}^2$
Çekme Direnci	$\sigma_c = 132 \text{ N/mm}^2$
Basınç Direnci	$\sigma_b = 60 \text{ N/mm}^2$
Dinamik eğilme Direnci	$a = 0.98 \text{ kN/cm}$

1.1.2.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri

Çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. İşlenmesi kolaydır. Körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tormalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. Boyanması iyi değildir. İyi renk verebilir ve iyi cila kabul eder. Tozları dermatitis ve astıma neden olabilir. Böcek ve mantarlara karşı çok hassas olup dayanıksızdır. Çabuk araklanır. Diri odun kolay emprenye edilir. Öz odun kısmı varsa çok güç emprenye edilir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.2.6. Kullanım Yerleri

Kullanış yerleri bakımından Doğu kayını geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte, mobilya, parke, kaplama, kontrplak ve tornacılıkta kullanılır. Ayrıca ambalaj, oyuncak, tarım aletleri, demiryolu traversi, ayakkabı kalıbı, ambalaj sandığı, oyuncak, sandal, fiçı, mutfak aletleri üretiminde yararlanılır (Örs ve Keskin 2001).

1.1.3. Meşe (*Quercus petraea* Lieble)

1.1.3.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı

Çoğunlukla ağaç veya boylu çalı halinde, kışın yaprağını döken veya daima yeşil bitkilerdir. Tomurcukları çok sayıda pullarla sarmal olarak örtülmüşlerdir. Bunlar çoğu kez sürgünlerin uç kısımlarında sık bir vaziyette toplanmışlardır. Yan tomurcuklar terminal tomurcuktan daha küçüktür. Tepe tomurcuğunun altında kısa internodlarla birkaç tomurcuk olması, meşe ağacının karakteristiğidir. Sürgün özü homojen, kalın veya ince, düz ve çoğunlukla köşeli olup enine kesiti altı kollu yıldız biçimindedir. Yaprakları değişik boyut ve görünüştedir. Kenarları loplulu, dişli ender olarak da tamdır. Yaprak sapı kısa veya uzun olabilmektedir. Kulakçıklar sürgün üzerinde kalıcı veya kısa bir süre sonra dökülmektedir (Aslan 1994).

Erkek çiçekler dihyazyum halinde değil, teker tekerdir. Bunlar geçen yıla ait sürgünlerde aşağıya sarkan ince uzun bir eksen üzerinde çok sayıda toplanmışlardır. Her bir erkek çiçeğin 4 – 7 parçalı çevre yaprağı (Çanak) ile 4 – 12 arasında ve genellikle 6 adet etamini vardır. Dişi çiçek dihyazyumun yalnız orta çiçeği gelişmiş, iki yan çiçeği ile brahteciklerin tamamı körelmiştir. Çiçek çevresi çok kere belirgin olmayan 6 loplulu basit bir çanak hüviyetindedir. Ovaryum çoğunlukla üç, bazen de 4 – 5 gözlüdür. Çoğunlukla bir, bazı türlerde ise iki yılda olgunlaşan meyve yumurta biçiminde veya silindirik bir nustur. Familyanın diğer cinslerinde brahteciklerden gelişmiş olan kupula (kadeh), meşelerde çiçek tablasından oluşmuştur. Meyveyi dip tarafından tamamen veya kısmen saran kadeh boyut ve biçim bakımından değişik formlardadır. Kadehin dış yüzü sık bir vaziyette kadeh pulları (tırnaklar) ile kaplanmıştır. Tırnak şekli bazı taksonlar için tanı özelliğidir. Hipogeyik çenekler kalındır (Aslan 1994).

1.1.3.2. Makroskopik Özellikler

Diri odun çoğunlukla dar, 2 – 5 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun açık kahverengi ile sarımsı kahverenginde, kesimden sonra koyulaşır. Taze halde yetiştirme

yeri ile ilgili olarak bazen kırmızımsı bir renk de söz konusudur. Yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunu traheleri çok büyük, çıplak gözle görülebilir ve 1 – 5 adet genişlikte bir halka oluşturur. Sapsız meşede ilkbahar odunu traheleri 1 – 2 sıralı, traheler yuvarlak enine kesitte ve geçiş daha hızlıdır. Raydal kesitte traheler kaba iğne çizikli, tül teşekkülatı ile doludur. Yaz odunu traheleri çok sayıda, küçük, doku içerisinde alev şeklinde yayılmıştır. Sadece lup altında görülebilir. Öz ışınları tek sıralı ve çok sıralı olmak üzere iki çeşittir. Kalın olanlar 1 mm'den daha geniştir. Kalın öz ışınlarının arası 2 – 6 mm, ince öz ışınlarının arası ise 0.1 mm kadardır. Kalın öz ışınları radyal kesitte iğ şeklinde görülürler. Boyuna parانشimler enine kesitte lup altında ince, kısa teğet çizgiler halinde tespit edilebilir. Tekstür kaba, iğne çizikli, genellikle düzgün bazen düzensiz lifli, parlak, dekoratif, sert ve ağır bir odunu vardır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.3.3. Mikroskopik Özellikleri

Traheler halkalı dizilişte, ilkbahar odun traheleri çok büyük, teğet çapı 400 µm kadar, tek tek veya çoklu kümeler oluştururlar. Yaz odunu traheleri küçük, 30 – 140 µm kadar, çok sayıda ve yıllık halka sınırına doğru çaplar azalmaktadır. Perforasyon tablaları basit tiptedir. İçleri fazla miktarda tüllerle doludur. Boyuna parانشimler çok sayıdadır. Apotraheal dağınık ve apotraheal teğet (tek ve çok sıralı) şeritli düzendedirler. Ayrıca paratraheal parانشimler, vasisentrik traheidler, ilkbahar odunu traheleri, öz ışınları ve yaz odunu traheleri arasında düzensiz bir şekilde bulunmaktadır. Öz ışınları homojen yapıda ve iki ayrı genişliktedir. Tek sıralılar 25 hücre yüksekliğinde ve aralarındaki mesafe düzensiz, geniş olanlar 20 hücreden daha geniş (0.5 -.1.0 mm) ve birkaç cm yükseklikte dirler. Esas doku kalın çeperli (lümen çapının 1/3' kadar) libriform lifleri, lif traheleri ve vasisentrik traheidlerden oluşur (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.3.4. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Meşe malzemenin fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 1.3' de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Meşe malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt ve Erdin 2000).

MEŞENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Tam kuru haldeki Yoğunluk	$D_o = 0,65 \text{ g/cm}^3$
Hava Kuru Haldeki Yoğunluk(% 12)	$D_{12} = 0,69 \text{ g/cm}^3$
Radyal Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_r = \% 4.0$
Teğet Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_t = \% 7.8$
Hacmen Daralma Yüzdesi	$\beta_v = \% 12.2$
MEŞENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
Elastikiyet Modülü	$E\text{-mod} = 11\ 500 \text{ N/mm}^2$
Eğilme Direnci	$\sigma_e = 86 \text{ N/mm}^2$
Çekme Direnci	$\sigma_{\epsilon} = 88 \text{ N/mm}^2$
Basınç Direnci	$\sigma_b = 60 \text{ N/mm}^2$
Dinamik eğilme Direnci	$a = 0.59 \text{ kN/cm}$

1.1.3.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye Özellikleri

Kurutmada şekil değişimleri ve çatlama meydana gelebileceği için çok yavaş bir program uygulanmalıdır. İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine göre değişir. Orta ile şiddetli derecede körleştirme etkisi vardır. Yapıştırılması iyidir. Metallerle temasta mavi renklenme olur. Kolay cilalanabilmektedir. Çivilenme kabiliyeti iyidir. Dermatitis ve astıma neden olabilir (Bozkurt ve Erdin 2000).

Diri odun az dayanıklı, öz odun dayanıklıdır. Diri odun Lyctus ve Anobium' lara karşı hassastır. Odunu su altında da çok dayanıklıdır. Öz odun çok güçlü, diri odun kolay emprenye edilir. Tül oluşumu çok az görülen kırmızı meşelerin öz odunları kolay emprenye edilmektedir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.3.6. Kullanım Yerleri

Masif kaplama olarak mobilya, oymacılık, doğrama ve kontrplak üretiminde kullanılır. Ayrıca, tarım aletleri, bira ve viski fıçısı, parke, yapı malzemesi olarak iskele, tavan ve taban kaplama gibi geniş kullanım alanı vardır (Örs ve Keskin 2001).

1.1.4. Gökmar (Abies Bornmülleriana Mattf)

1.1.4.1. Botanik Özellikleri ve Yayılışı

Genç yaşlarda piramidal, daha sonraları konik bir tepe yapısı olan daima yeşil, dalları gövdeye çevrel dizili, boylu orman ağaçlarından. Gençlerdeki açık renkteki kabul ince ve düzgün, yaşlılarda kalın, aynı zamanda çatlaklıdır. Tomurcukları reçenelidir

veya reçinesizdir. Uzun sürgünlere sarmal olarak dizilen yapraklar, çok kere ışığa göre iki sıralı bir hal almıştır. Yapraklar rozet halinde, genellikle yassı ve iki yüzlüdür. Uçları sivri, yuvarlak, küt, kertikli veya batıcıdır. Üst yüzeyleri hafif olukludur. Alt yüzeylerinde belirgin iki stoma çizgisi vardır. Bu stoma çizgileri sayesinde kendilerine benzeyen *Taxus*'tan (Porsuk) ayrılırlar. Enine kesitlerinde iki veya dört reçine kanalı vardır. Bu sayede tek kanalı bulunan *Cephalotaxus*, *Tsuga* ve *Podocarpus*'tan ayrılırlar. İğne yaprakları ağaç üzerinde 8 – 11 yıl kalırlar. Düştüğü veya koparıldığı zaman sürgün üzerinde yuvarlak bir iz bırakırlar. Sarı veya kırmızımsı renkteki erkek çiçekler oval bir kozalakçık halindedir. Yumurta biçiminde, silindirik ve tepeye doğru daralan dişi kozalak birçok pullardan oluşur. Çoğunda dış pul iç puldan uzak olup geriye kıvrılmıştır. Üç köşeli sivri olan tohumu kanat hemen her taraftan sarmış onunla kaynaşmıştır. Gökmar tohumuna benzeyen sedir tohumunun kanadı tohumun bir yüzünü örtmüştür (Aslan 1994).

1.1.4.2. Makroskopik Özellikler

Diri odun ve öz odun renk bakımından farklı değildir. Olgun odun özelliğindedir. Odunun rengi sarımsı beyaz ile gri beyazdır. Bazen ıslak öz odun nedeniyle orta kısım koyu renkte görülür. Yıllık halka sınırları belirgindir. Yaz odunu belirgin ve koyu kırmızımsı renktedir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. Öz ışınları çok ince olup, makroskopik olarak görülmez. Bazen tam radyal kesilmiş yüzeylerde enine uzanan bantlar halinde fark edilebilir. Boyuna paranşimler görülmez. Normal olarak reçine kanalı yoktur. Yumuşak ve oldukça hafif bir oduna sahiptir (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.4.3. Mikroskopik Özellikler

Yıllık halka sınırları belirgin, yaz odununda traheideler radyal yönde yassılaştırmış ve kalın çeperli, ilkbahar odunu hücreleri ince çeperli ve geniş lümenlidir. Traheidlerin teğet çapları 25- 65 µm, uzunlukları 3400 – 4600 µm'dir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler tek sıralıdır. İkili geçitler çok nadir olarak ve yer yer bulunmaktadır. Öz ışınları tek sıralı ve homojen yapıda, tamamen paranşim hücrelerinden oluşmakta, 1 – 30, bazen 40 hücre yüksekliğinde olmakla beraber, 10 ve daha fazla hücre yüksekliğinde olanlara daha çok rastlanmaktadır. Horizontal çeperleri ve uç çeperleri kalın olup, çok geçitlidir. Enine çeperleri düğümlü bir görünüştedir. Karşılaşma yeri geçitleri 2 – 4 (en çok 2) adet

ve taxodioid tiptedir. Yaz odununda piceoid tipte geçitler rastlanabilir. Kenar hücrelerinde dikdörtgen kesitli kristaller vardır (Bozkurt ve Erdin 2000).

Boyuna paranşimler çok nadir olarak yaz odunu sonundaki ve ilkbahar odunu ilk sırasındaki traheidler arasında görülebilirler. Normal hallerde reçine kanalı bulunmaz. Dikili ağaçların yaralanması sonucu traumatik reçine kanalları oluşabilir. Göknar odunu, ladin odununa benzerlik göstermekte, ancak göknarda reçine kanalı bulunmazken ladinde reçine kanalları lup altında küçük ve açık renkte noktacılar halinde görülmektedir. Ayrıca, ladin odunu daha sarımsı renkte ve boyuna kesitleri ipek gibi parlaktır. Bundan başka mikroskopik kesitte ladinde öz ışını traheidleri bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.4.4. Fiziksel ve Mekanik zellikler

Gknarın fiziksel ve mekanik özellikleri izelge 1.4' de verilmiştir.

Çizelge 1.4. Gknarın fiziksel ve mekanik zellikleri (Bozkurt ve Erdin 2000).

GKNARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
Tam kuru haldeki Yoğunluk	$D_o = 0,41 \text{ g/cm}^3$
Hava Kuru Haldeki Yoğunluk(% 12)	$D_{12} = 0,43 \text{ g/cm}^3$
Radyal Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_r = \% 3.8$
Teğet Yönde Daralma Yüzdesi	$\beta_t = \% 7.6$
Hacmen Daralma Yüzdesi	$\beta_v = \% 11.5$
GKNARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ	
Elastikiyet Modülü	$E\text{-mod} = 10\,000 \text{ N/mm}^2$
Eğilme Direnci	$\sigma_e = 71 \text{ N/mm}^2$
Çekme Direnci	$\sigma_c = 82 \text{ N/mm}^2$
Basınç Direnci	$\sigma_b = 46 \text{ N/mm}^2$
Dinamik eğilme Direnci	$a = 0.41 \text{ kN/cm}$

1.1.4.5. Kurutma, İşlenme, Dayanıklılık ve Emprenye zellikleri

İyi ve çabuk kurutulur. Çatlama ve dönüklüğe eğilimi azdır. Soyulabilir, fazla miktarda öz ışını bulunması nedeniyle (% 9.6) kolay yarıılır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Göknar odunu dayanıklı olmayıp, mantar ve böceklere karşı hassastır. Emprenyesi güçtür (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.1.4.6. Kullanım Yerleri

Kullanış yerleri bakımından geniş bir kullanım alnına sahip olmakla birlikte, bina inşaatında iç kısımlarda, mobilya yapımında ara ve i bölmelerde, ambalaj ve kğit sanayinde kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2000).

1.2. ISIL İŞLEM

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Son 20 yılda çeşitli Avrupa araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısınin aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısı işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, 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 ısı işlem kazanı ve fırını gibi ısı işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Ağaç malzemenin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan ısı işlem süreci binyıllar öncesine dayanmaktadır. Kuzey İsveç'te 5200 yıl önce Saami tarafından ısı kullanılarak ahşap Kalvtrask kayağında bükme işlemi gerçekleştirmiştir (Insulander, 1999). Milattan önce 2500 – 3000 yıllar arasında mısırdaki var olan hiyeroglifsel mobilya (şematik şekillerden oluşan kutsal yazı) resimlerinde bulunan ahşap sandalye parçaları ısı kullanılarak büküldüğü gözlemlenmiştir (Rivers and Umney 2005). Ayrıca mısırlılar milattan önce 1900'lü yıllarda, yay yapmak için sıcak su ile odunu bükmüşlerdir (Ostergard 1987). 11. yüzyılda Vikingler, gemi yapımında kullanılan odun parçalarını ısı yardımı ile bükmüşlerdir. Norveç'te ortaçağa ait ahşap yapılardan inşa edilmiş kiliselerin büyük kirişlerinde, ısı kullanılarak bükme ve birleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir (Bugge 1953; Hollan 1990). Milattan önce 2690 yıllarında mısır lahit duvarlarında bulunan ahşap fiçı figürü resimlere bakıldığında anlaşıyor ki, ahşap fiçı yapımcılarının 2000 yıl önce odunun ısı işlem ile nasıl büküldüğünü bildiklerini göstermektedir (Twede 2005; Rowell et. al. 2009).

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izalasyon

kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresini de uzatmaktadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişimler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıl işlem uygulaması emprenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir (Wikberg 2004; Enjily ve Jones 2006; Korkut ve Kocaefe 2009).

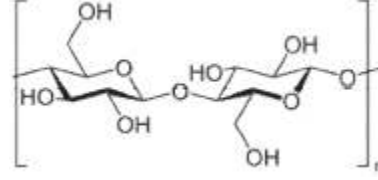
20. yüzyıl başlarında, yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş odunun boyutsal stabilitesinin (sağlamlılığı) arttığı ve higroskopik değişimin azaldığı gözlemlenmiştir (Tiemann 1915; Stamm ve Hansen, 1937). Daha sonra 140 ve 320⁰C’de erimiş metalde sitka ladinin ısıl işleme tabi tutulması ile genişleme etkisinin % 60 oranında bir azalma gözlemlenmiş ve ayrıca mikrobiyolojik saldırılara karşı odunun dayanımı artmıştır. (Stamm et al., 1946). Ayrıca ısıl işlem avantajlarının yanında dezavantajları arasında yer alan kırılganlık, sertlik etkisi, kopma modülü gibi bazı mukavemet değerlerinde düşüş olduğu da gözlemlenmiştir. (Roger 2010).

Burmster (1973), odun özellikleri üzerinde, sıcaklık, basınç ve rutubetin yaptığı etkileri incelemesinde, çam için yaptığı ısıl işlemin optimum koşul olarak, sıcaklığını 160 ⁰C, rutubet değerini % 20 – 30 ve basıncını 0.7 MPa olarak tespit etmiştir. Yaptığı bu çalışmada yüksek boyutsal stabilite, esmer çürüklüğe sebep olan mantar saldırılarına karşı maksimum direnç ve mukavemet değerlerinde minimum kayıp olduğunu bulmuştur. Bu ısıl işlemini “FWD” (Feuchte-Wärme-Druck) olarak isimlendirmiştir.

1.2.1. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Kimyasal Etkisi

Odun düşük moleküllü bileşiklerden polimerik bileşiklere kadar kompleks bir yapıya sahiptir. Isıl işlem 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. Selüloz odunun tam kuru ağırlığına oranla %40-45’ini oluşturmaktadır. Selüloz molekülü dallanmamış, rijit zincir yapılı ve β (1→4) glikozidik bağ ile

bağlanmış anhidro- D-glikopiranoz halka ünitelerinden oluşmuş uzun ve düz polimerdir. Her bir glikoz ünitesi C2, C3 ve C6'da hidroksil (OH) gruplarına sahiptir (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).



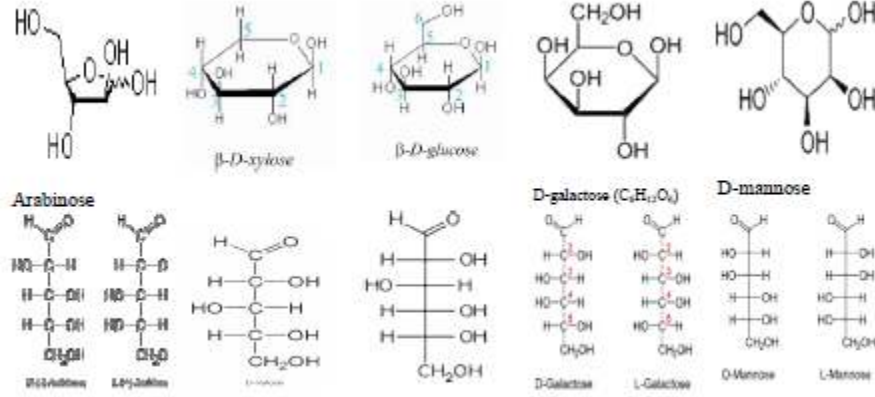
Şekil 1.1. Selülozun moleküler yapısı (Sjöström 1993).

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 (Sjöström 1993; 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 Ç1 tabakasında %35 ve Ç2 tabakasında %60 oranında bulunur. Selüloz öncelikli olarak yüksek polimerizasyon derecesi (DP=5000-10000) ve düz kristalimsi yapısı nedeniyle odunun direncinden sorumludur. Üniteleri arasında ve piranoz halkası içerisindeki kovalent bağlar sebebiyle çekme gerilmelerine son derece direnç göstermektedir. Selüloz liflerinin çekme direnci polimerizasyon derecesi 80 ve altında iken düşük, polimerizasyon derecesi 300 oluncaya kadar doğrusal olarak artmakta ve bu değer üstünde oldukça az bir artma görülmektedir (Korkut ve Kocaefe 2009).

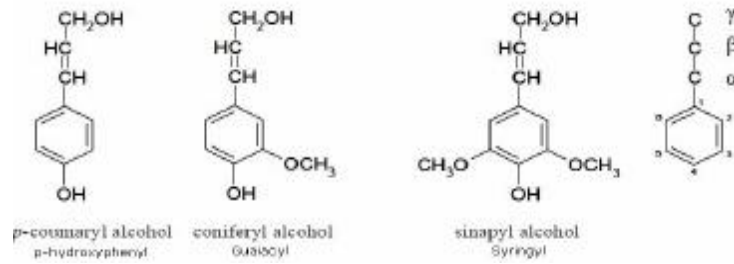
Odun hemiselülozları, odunun tam kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturur ve öncelikle D-glikoz, D-galaktoz ve D-mannoz gibi 6 karbonlu (heksoz) ve L-arabinoz ve Dksiloz gibi 5 karbonlu (pentoz) halka şeklindeki çeşitli basit şeker ünitelerinden oluşan dallanmış amorf polimerlerdir. Orta lamelde %27, sekonder hücre çeperinin Ç1 tabakasında %35 ve Ç2 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 (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).



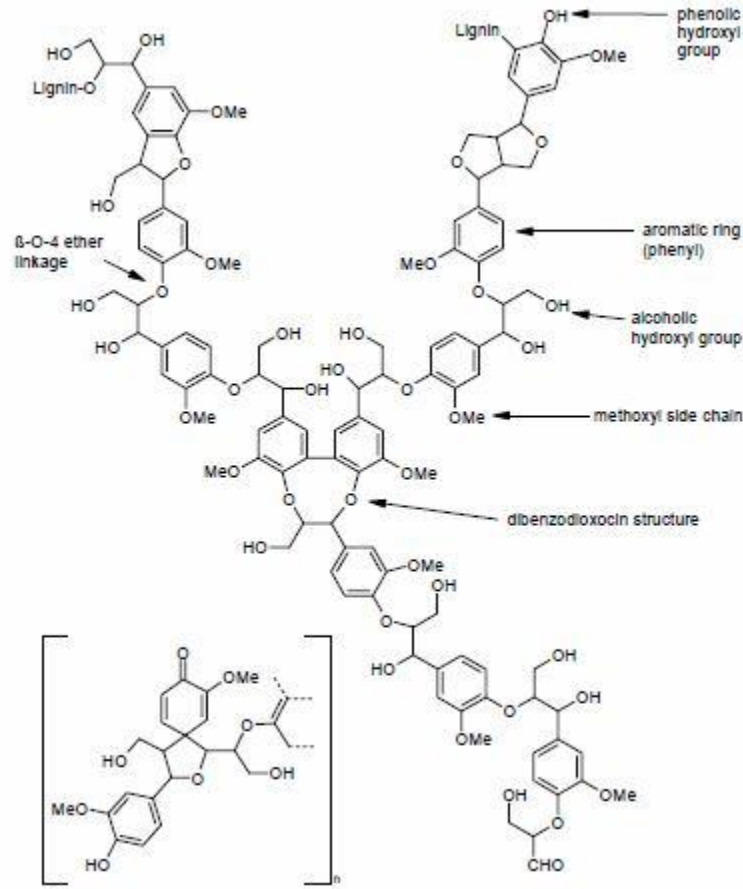
Şekil 1.2. Hemiselülozların pentoz ve heksoz monomerleri (Sjöström 1993).

Lignin konfigürasyonunda 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. Odunda lignin miktarı %20-40'tır. Lignin fenolik bir bileşik olup lignin biyosentezinin ilk basamağı olarak hidroksil (OH) ve metoksi (OCH₃) ikame eden para-kumaril alkol, koniferilalkol ve sinapil alkol gibi fenil propan ünite tipleri farklı olarak bağlanmış asimetrik yapı olarak düşünülebilir. Siringil üniteleri C3 ve C5'te 2 adet metoksi grubuna, guayesil üniteleri C3'te 1 adet metoksi grubuna ve 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).



Şekil 1.3. Lignin ana yapısındaki fenil propan monomer üniteleri (Sjöström 1993).

İğne yapraklı ağaç türleri lignini başlıca guayasil üniteleri ve az miktarda phidroksifenil 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 penil 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 ısı işlem ile çok daha fazla kararsız ve hassastırlar (Korkut ve Kocaefe 2009).



Şekil 1.4. Ligninin yapısal modeli (Brunow 2001).

Orta lamel %60 oranında lignin içermesine rağmen sekonder hücre çeperi S1 ve S2 tabakalarında aynı oranlarda olmak üzere %27-30 oranında lignin içermektedir. Hücre çeperi köşelerinde lignin oranı çok yüksektir. Lignin selüloz fibrillerini birlikte tutar ve hücre çeperi içerisinde selüloz moleküllerinin sertleştirme birimi olarak hareket eder. Ayrıca karbonhidratlara su ulaşımını sınırlar ve bu nedenle odunun hidrojen bağı yapısı üzerine suyun etkisi daha az olur (Sjöström 1993; Korkut ve Kocaefe 2009).

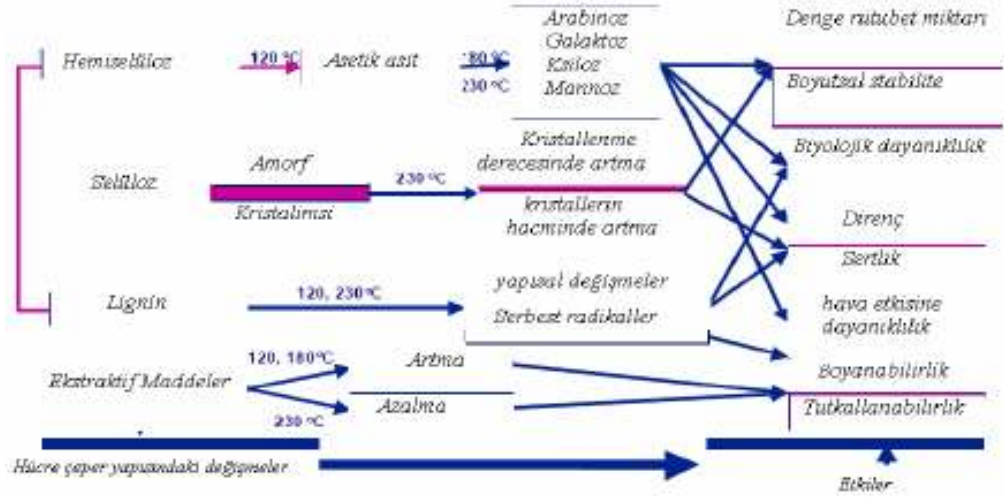
Odun bileşenlerinin hidroksil (-OH) ve fenil grupları (C₆H₅-) reaktif (kimyasal tepkimeye açık) iken selüloz ve hemiselülozda bulunan eter grupları fazla reaktif (kimyasal olarak aktif) değildir. Özellikle hemiselüloz ve ligninin hidroksil grupları önemli rol oynarken selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına daha az dahil olur. Isıl işlem sonucu genellikle hemiselülozun bozunması ile ortaya çıkan organik asitlerin etkisi ile odunun lignin-polisakkarit kompleksi yarılr. Higroskopisite (havadan rutubet absorbe etme yeteneği)'deki bu değişim karakteristiktir ve başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin kimyasal modifikasyonuna ve odun kristallenme derecesindeki fiziksel 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. Ligninin plastikleşmesi ve odunun lignoselülozik polimerik bileşiklerinin yeniden yapılanması ısı işlem uygulanmış odunun artan hidrofobik karakteristiğini açıklayan diğer bir görüş olarak ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odunda başta hemiselüloz olmak üzere karbonhidratların depolimerizasyonu serbest hidroksil gruplarını içeren hidroksil gruplarının toplam miktarındaki azalma ile sonuçlanmaktadır (Korkut ve Kocafe 2009).

Hemiselülozlar ısı işlem süresince hidroliz reaksiyonları tarafından oligomer ve monomerlere depolimerize olur. Isıl işlem süresi ve sıcaklığı hemiselüloz bozunmasını etkileyen iki önemli faktördür. Sıcaklık ve süredeki artmaya bağlı olarak arabinoz ve galaktoz gibi yan zincir bileşenleri ayrılır ve bunu mannoz glikoz ve ksiloz gibi ana bileşenlerin bozunması izler. Pentoz ve heksozlar sırasıyla furfural (C₅H₄O₂) ve hidroksimetilfurfural (C₆H₆O₃)'a dehidrate olur. Ayrıca formaldehid (CH₂O) gibi diğer aldehydler (O=CH-) ligninde C_γ'den bölünmede olduğu gibi karbonhidratların C₆'dan bölünmesi sebebiyle bulunur. Bundan başka hemiselülozun asetil yan zincirlerinden asetik asit ayrılır ve odunun asetil (COCH₃) içeriği azalır. Hemiselülozun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidrolize olması boyutsal stabiliteyi arttırmakta

ve denge rutubet miktarını azaltmaktadır. İlâveten yüksek sıcaklıkta rutubet içeriği odun bileşenlerinin depolimerizasyon işlemini kuvvetlice katalize eder (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Odun bileşenleri içerisinde lignin ısıya karşı en iyi karşı koyabilendir. Sıcaklık ancak 200⁰C'yi aştığı zaman lignin kütleinde azalma ve β -aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriği azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerinden bazıları 18 difenilmetan tipi ünitelere dönüşür. Defenilmetan tipi yoğunlaşma 120-220⁰C aralığında tipik bir reaksiyon olup renk, reaktiflik 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 asında elektron çiftlerinin paylaşılması) kırılır ve yüksek reaktiflikle düşük molekül ağırlığında lignin parçaları üretilir. Isıl işlem süresince ligninin aromatik çekirdeği C₃ pozisyonunda metoksi (-O- CH₃) gruplarının çok daha muhtemel demetoksilasyon veya demetilasyonu (bir molekülde metil gruplarının (CH₃) kaldırılması) gibi görünür. Bu, reaksiyon için uygun aromatic lignin bölge sayısının artmasına neden olur ve ligninin aromatik çekirdeğinin reaktifliğini arttırır. İki fenololik çekirdeği bağlayan metilen (-CH₂) köprülerinde artma olmaktadır. Formaldehid ve furfuraldehid bu metilen köprülerinin oluşumuna katkıda bulunur. Lignin O4'te ayrılır ve bazı lignin ünitelerinin C α 'da diğer lignin ünitelerinin fenolik çekirdeğin üzerinde serbest reaktif bölgeler ile şekillenmiş reaktif metilen gruplarının oto kondenzasyonunu takiben meydana geldiği görülür (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması aşağıda Şekil 1.5'de gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması (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. 200⁰C'den 250⁰C'ye kadar CO₂ ve diğer bileşikler ligninden ayrılır, 250⁰C'den 400⁰C'ye kadar polimerleşme eğilimli fenolik ve nötral yağlar üretilir ve ligninin ısı bozunması yaklaşık 270⁰C'de ekzotermik (ısıveren) olur. Lignin fraksiyonundaki değişimler metoksil içeriğindeki azalmalar olarak saptanmıştır (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Ligninin hidroksil (-OH) ve metoksi (-O-CH₃) grupları propan üniteleri üzerine yerleşmiştir fakat ilaveten aromatik halka (fenil grupları (C₆H₅-)) ile de bağlantılıdır. Fenol grupları (C₆H₅OH) benzenler gibi ara ürün katyonu oksijen atomunun serbest elektron çifti 19 tarafından stabilize edildiği için reaksiyonların aktifleşmesine rağmen aynı elektrofilik ikame reaksiyonları gösterir. Bir metoksi grubu ayrıca fenil gruplarının elektrofilik aromatik ikame reaksiyonlarını oksijen atomunun elektron saklama etkisi nedeniyle aktifleştirir. Fenol (C₆H₅OH) alkalik ortamda fenolat anyonuna dönüşür ve farklı reaksiyonlar (metil iyodür ile SN2 reaksiyonu, asetil klorür ile nükleofilik (elektron verip rotonlarla tepkimeye yatkınlık, asil (RCO) yer değiştirmesi) gösterir. Fenolat anyone ayrıca aromatik halkanın orto ve para bölgeleri üzerine negatif şarj mezomeri nedeniyle karbanyon olarak hareket eder. Örneğin fenolat anyonunun formaldehid ile reaksiyonu orto ve para benzil alkol formasyonu ile sonuçlanır. Bu daha

çok yüksek çapraz bağlı polimer olarak tepki gösterir (bakalit) (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.2. Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerindeki Fiziksel Etkisi

Odunun ısıtılma işlemine tabi 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 aşıkardır. 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 bağını azaltır veya engeller. Direnç kovalent bağ ve polimer içi hidrojen bağları ile ilgili olduğu için odunun direnç özellikleri bağlı su miktarının artması ile azalmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odun daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu ısıtılma işlemi direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır (Hill 2006; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısıtılma işlemi süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıtılma işlemi 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 prematüredir. Odunsu materyal ve ağırlık kayıpları ile ilgili olarak odun ana bileşenlerinin bozunması iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılmasına neden olduğu için direnç özelliklerini azaltır. Diğer taraftan daha düşük rutubet içeriği direnç pozitif etkiye sahiptir ve kütle kayıplarının etkisini azaltır (Nuopponen 2005; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlemin en dikkat çekici etkilerinden birisi histerezin tipik sigmoid eğrileri korunurken higroskopisitenin azaltılmasıdır. Histerezin pozitif etkisi bağlı nemdeki

düşük değişimin ısı işlem uygulanmış odunun rutubet içeriğinde derhal bir değişim 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 (Nuopponen 2005; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.3. Renk

Renk estetik bir konudur. Isı 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 ısı işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısı işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilir özellik katmasından dolayı yeni pazar potansiyeline sahip olma özelliği kazandırır. Renk ayrıca termal bozunma sebebiyle kimyasal değişim, kütle ve direnç kayıpları gibi farklı özelliklerdeki değişimler neticesinde ısı işlem uygulamasının kalitesini belirleme potansiyeline sahiptir (Johansson, 2005; Korkut ve Kocaefe 2009). Kahve renk ısı işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlar veya destekler. Isı 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 hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir. Isı işlem uygulamasında sıcaklık ve süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır (Nuopponen 2005; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.4. Koku

Isı işlem uygulaması süresince güçlü bir kokuya sahip oldukları bilinen birçok organik asit ve furfural gibi aldehitler vb. bozunma ürünleri hoş olmayan koku yaydıklarından ısı işlem uygulaması bitimini müteakip kereste güçlü bir kokuya sahiptir. Bu kokunun yoğunluğunda birkaç hafta içerisinde dikkate değer bir azalma meydana gelir ve birkaç aydan sonra hissedilmez. Isı işlem uygulanmış kerestenin makinede işlenmesi bu

spesifik kokunun yeniden ortaya çıkmasına neden olur (Sundqvist 2004; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.5. İşlenme Özelliği

Isıl işlem uygulanmış kerestenin biçilmesi ısıtılmış kerestenin biçilmesi gibidir. El aletlerinin tüm türleri ile kolaylıkla çalışılabilir. Zımparalama, delme ve parça kesme işlemleri yapılabilir. Zımparalama mükemmel sonuçlar verir ayrıca budakların delme işlemi kolaydır. Isıl işlem uygulanmış kereste gevrekliği sebebiyle taşımada dikkatli davranılmalıdır. Düşen parçaların kenarları zarar gördüğünden uzun parçalar sadece bir tarafından tutup kaldırılmamalıdır. El aletleri ile çalışırken tek problem odun tozudur. Çünkü ısıtılmış kereste uygulaması ile kereste tam kuru halde olması nedeniyle işleme esnasında çok ince olan odun tozları çevreye yayılmaktadır. En iyi çözüm toz emme sistemlerinin kurulması olup bu mümkün olmazsa toz maskelerinin kullanılması şiddetle tavsiye edilmektedir. Ladin ve karaçam gibi bazı odun türleri makine ile işlendikten sonra kerestenin öz bölgesinde ilkbahar ve yaz odunu arasında liflenmeye karşı hassastır. Isıl işlem uygulamasından sonra liflilik artmaktadır. Bu nedenle bu tür ağaçları ısıtılmış kereste uygulamasından sonra diri odun kısmından planyalanması gerekmektedir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.6. Çivilenme ve vidalanma özelliği

Isıl işlem uygulanmış malzemenin sabitlemesinde üzerinde çivilenme derinliğini gösteren basınçlı hava sabitleme tabancasının kullanılması tavsiye edilmektedir. Normal çekiç kullanılması durumunda çekiç ile ağaç malzeme temas ederse ağaç malzemenin yarıma riski arttığından çivinin son 2-3 mm'lik kısmı çivi matkabı ile ağaç malzeme içerisine nüfus ettirilir. Ayrıca çivi çakılmadan önce sivri ucunun keskinliği köreltilmelidir. Çividen kaynaklanan renk bozulma riskini azaltmak için paslanmaz çelik çivilerin kullanılması en iyisidir. Basınçlı hava sabitleme tabancasının kullanılması durumunda galvanizli çiviler kullanılabilir. Plakaj örtü boyası ile muamele edilmişse galvanizli çivi çalışır. Yarıma riskini azaltmak için küçük oval başlı çiviler en uygundur. Yapraklı ağaç, MDF ve diğer gevrek materyaller ile vidalama işleminde kenarlara bitişik ön delme ve kılavuz delmesi gereklidir. Başları gömülmüş paslanmaz çelik vidaları rutubetli ortamlarda ve dış kullanımlarda çok uygundur. En iyi tutma direnci daha az dişli vidalar ile yapılan vidalama ile sağlanır. Yarı kademeli vidalar ön

delme işlemi uygulamaksızın kullanılabilir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.2.7. Yüzey işlemi ve boyanma kabiliyeti

Isıl işlem uygulanmış malzeme ısı işlem uygulanmamış malzeme ile kaplama için substrat (alt tabaka) olarak karşılaştırılabilir. Isıl işlem uygulaması ile reçine ağaç malzemeden uzaklaştığı için budaktan boya yüzeylerine reçine sızma riski azalmaktadır ve bu sebeple yüzey işlemlerinden önce budakların verniklenmesi gerekli değildir. Yağ bazlı maddeler ile ısı işlem uygulanmamış malzemelerde olduğu gibi çalışılabilir. Su bazlı maddeler ile çalışılacağı zaman ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin ısı işlem uygulanmamış ağaç malzemeye nazaran daha düşük su absorpsiyonuna sahip olduğu unutulmamalıdır. Su bazlı sistemler ile çalışma yavaş kurumalarından dolayı oduna nüfuz etmeleri için yeterli zaman olması durumunda uygun olmaktadır. UV-sertleşen renklendiriciler ve lakeler, yağlar ve balmumu kadar iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey işlem uygulamalarında ağaç malzeme sıcaklığı, rutubet içeriği ve yüzey temizliği gibi doğru çalışma şartlarına daima dikkat edilmelidir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri estetik amaçlar veya yaşlandırma için boyanabilir. Boyama sistemlerinin penetrasyon ve adezyonu ısı işlem tarafından etkilenir. Isıl işlem uygulanmış odun ısı işlem uygulanmamış oduna nazaran daha hidrofobik olduğundan su bazlı boya sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir süreye gereksinim duyarlar. Bundan dolayı kalın bir film tabakası yerine iki tane ince film tabakası (örneğin 80 µm'lik bir kuru film tabakası yerine 40 µm'lik iki kuru film tabakası) kullanılması tavsiye edilmektedir. Gerekli yüzey gerilimi boyama sistemlerine katkı maddelerinin ilavesi ile ayarlanabilir. Isıl işlem uygulaması süresince tutkal sızması reçineli ağaç türleri boyanacağı zaman bir problem olabilir. Isıl işlem uygulanmış kereste organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyanabilir. Saydam film kaplama sistemlerinin kullanılması, film tabakası altında adezyonu etkileyen yaşlanma riski olduğu için önerilmemektedir. Şayet ısı işlem uygulanmış kerestenin kaplanmasında saydam film kaplama sistemi kullanılırsa UV-emici (pigmentli) ve mavi renklenmeyi önleyici kimyasal madde (biyosit) içermelidir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin en iyi kaplama malzemesi, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik

son kat boyadır. Isıl işlem uygulanmış panellerde asit k rlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansa sahiptir ve bu boyalar ile kaplanan panellerde boyanın pul pul sökülmesi gözlenmemektedir (Boonstra 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

1.3. ISIL İŞLEM METOTLARI

Son 10 yıldır bazı Avrupa  lkelerindeki araştırma grupları odunun ısıt  slem süreci ile ilgili çeşitli metotlar geliştirmişlerdir. (Sailer et al. 2000). Bu metodlar arasındaki temel farklılık, kullanılan materyal, (odun türü, odunun yaş veya kuru olması, odunun nem içeriği ve boyutları) malzeme üzerinde yapılan işlem durumu ( rneğin bir veya iki aşamalı işlem, kuru ve yaş işlem, sıcaklık, koruyucu gaz olarak oksijen ve nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma hızı) ve işlem için gerekli olan ekipmanlardır. (işlem tankı, ısıt  slem fırını) Alınan bazı patentler içerisinde, çeşitli ısıt  slem metotlarının açıklamaları belirtilmiştir ( rneğin: EP0018446 1982, EP0612595, 1994, EP0623433 1994, EP0759137 1995, US 5678324 1997) (Boonstra 2008).

Yeni ve yenilikçi uygulamalara sahip olan ısıt  slem metotları; eski metotlar ve yeni metotlar diye ikiye ayrılır. Eski metotlar; Staybwood (odunun sıkıőtırılmayarak yalnız ısı ile boyutsal stabilitesinin sağlanması) ve Staypak (şiddetli bir ısıtma ile sıkıőtırılarak 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). Dünyada en yaygın olarak kullanılan ısıt  slem metotları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaya  alıőtılmıőtır.

1.3.1. Plato Metodu

Hollanda da geliştirilen Plato ısıt  slem metodu ılıman koşullar altında (< 200 C) iki aşamalı olarak uygulanan etkili bir metottur. 1980'li yılların başlarında ve 1970'li yıllarda sıvı yakıtlar içinde biokütlenin hidrotermal dönüőümü ve yağ krizinin patlak vermesinden sonra plato işlemi teknolojik geliőmeler arasında orijinal bir metot olarak kabul görmüőtür. (Bonn et al. 1983; Torres et al. 1986). Bu hidrotermal teknoloji için çok yüksek değerler olan 250 – 400 C sıcaklık ve 280 bar buhar basıncı ihtiyaç duyulur.

Odunun kimyasal yapısı itibari ile yüksek değerli bu şartlar altında odunun ısıtma işlemi muamelesi çok zordur. Bu nedenle daha düşük değerli koşullar sağlamak amacı ile iki aşamalı ısıtma işlemi fikri ile odun türlerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir (Boonstra 2008). 1990'lı yılların sonunda pilot uygulama olarak Wageningen'de araştırma fabrikasında geliştirilmiş ve ticari kullanıma geçilmiştir (Boonstra et al. 1998). Endüstriyel bir fabrikaya dönüşen bu süreç, 2001 yılından sonra Plato®Wood, su arıtma ve dağıtma tesislerinde, bahçe mobilyalarda ve inşaat endüstrisi gibi çeşitli uygulama alanları için ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde iki etkili ısıtma işlemi aşamaları içinde beş farklı işlem aşaması ile en etkili yöntemdir. Plato ısıtma işlemi metodu 5 safada gerçekleştirilmektedir (Boonstra 2008).

- Ön Kurutma Safası: Bu aşamada geleneksel odun kurutma fırınında, kerestenin nem oranı % 14 – 18 oranına getirilir.
- Hidro – Thermoliz Safası: Şekil 1.6' de gösterilen paslanmaz çelik bir reaktör içinde, kereste süper atmosferik basınçta sulu bir ortamda 150 °C – 180 °C'ye kadar ısıtılır.
- Kurutma Safası: Şekil 1.7' de gösterilen geleneksel odun kurutma fırınında ağaç malzemenin nem oranı % 8 – 9'a getirilir.
- Isıtma Safası: Kuru ve atmosferik koşullar altında olmak üzere, Şekil 1.8' de gösterilen paslanmaz çelikten imal edilmiş olan denkleştirme fırınında, kereste bir kere daha 150 – 190 °C'ye kadar ısıtılır.
- Denkleştirme Safası: Üretim için gerekli olan % 4 – 6'lık nem oranını elde etmek amacı ile kerestenin nem oranı artırılır. Denkleştirme işlemi, kurutma safasında kullanılan geleneksel odun kurutma fırınında yapılır. Isıtma işlemi görmüş kerestenin nem oranını artırmak için doymuş buhar kullanılır (Boonstra, 2008).



Şekil 1.6. Hidro – termoliz aşaması (Boonstra 2008).

Hidro – termoliz aşamasında kerestenin sıcaklık oranını artırmak için ısıtma ortamında, doymuş buhar (hidrotermoliz buhar) veya sıvı su (hidrotermoliz sıvı) kullanılır. Sıcaklık hızını kontrol altında tutmak için tankın içinde halen atmosferik basınç olduğundan dolayı, ısıtma fazının (100°C 'ye kadar) ilk aşamasındaki, hidrotermoliz buharlama süreci kontrolsüzdür. Kontrol edilmiş hız (dakikada 0.5 – 2.0 arasında) ile reaktör ısısı 100°C üzerine çıkartılır. Soğutma işlemi, atmosferik koşullarda reaktör çevresinde soğuk su sirkülasyonu veya reaktörün iç alanına soğuk su püskürtülerek gerçekleştirilir (Boonstra 2008).

Sıvı dolu hidrotermoliz aşamasında, reaktör içindeki işlem suyunu soğutmak ve ısıtmak için bir ısı değiştirici kullanılır. İşlemin sıcaklık aralığını tamamlaması esnasında, sıvı dolu hidrotermoliz, işlem durumunun daha iyi kontrol edilmesini sağlar (düşük hızda dengeli ısıtma ve soğutma). Sıcaklığın 100°C 'ye kadar hızlı ve kontrollü bir şekilde yükselmesini (ve daha yüksek sıcaklıklar için) ve soğutma sürecinde odun yüzeyinin kontrolsüz kurutma işlemini de gerçekleştirir. Ayrıca işlem suyuna NaOH ilave edilmesi odun pH'nın dengede tutulmasını sağlar. Kereste tarafından emilen işlem suyuna yangın geciktirici gibi çeşitli bileşikler katılabilir (Boonstra 2008).



Şekil 1.7. Isıl işlem esnasında kerestenin ön kurutma, kurutma ve kondüsyonlama işlemini gerçekleştiren endüstriyel fırın (Boonstra 2008).

Kerestenin denkleştirme işlemi, sirkülasyonlu vantilatör ve ısıtıcılar ürettikleri sıcak hava ile gerçekleştirilir. Sıcaklık 110°C üzerine çıkıldığında, oksidasyon reaksiyonunu önlemek ve oksijenden uzak tutmak için, koruyucu gaz olarak kızgın buhar veya nitrojen ilave edilir. Plato teknolojisinin tanımından anlaşıldığı gibi işlem aşamalarında kimyasal madde kullanılmaz. Hidrotermoliz (yoğun), kuruma (odun rutubeti) ve denkleştirme (odun rutubeti) evreleri esnasında kullanılan su arıtma araçları ile sıvı atık buhar içinde bulunan az miktardaki organik bileşikler (odundan çıkan ekstraktifler ve organik maddeler) çıkartılır. Kokuyu en aza indirmek ve gaz buharından su yoğunlaştırmak için denkleştirme fırınlarından çıkan gazlı bileşikler, gaz temizleyici sistem içinden geçirilir (Boonstra 2008).



Şekil 1.8. Denkleştirme aşaması için kullanılan endüstriyel fırın (Boonstra 2008).

1.3.2. Thermowood Metodu

Thermowood (ısıtıl işlem) ahşabın 320°C fırın sıcaklığında, ağaç iç ısısının 185°C - 212°C de, ahşabın kalınlığına ve başlangıç rutubetine göre 48 -144 saat aralıklarında ısı, su buharı ve hava dolaşım hızı ile yapılan modifikasyondur. Uygulanan yüksek ısı neticesinde selüloz zincirleri parçalanır, reçine atılır ve kalan miktarı kristalize edilir, asitler çözünür, mikroorganizmalar ve haşereler yok edilir. Ahşaba arız olan (ahşabı çürüten) mantarların beslendiği besi ortamı ortadan kaldırılır. Thermowood işlemi ile nem oranı önce sıfıra indirilir, kondüsyonlama safhasında ahşaba % 4 – 6 nem verilir. İç ve dış nem oranlarındaki denge ileride oluşabilecek eğilme, bükülme, çekme ve uzama (çalışma) gibi olumsuzlukları ortadan kaldırır. ThermoWood metodu Finlandiya ThermoWood Kurumu tarafından lisanslıdır. ThermoWood metodu üç ana safhaya gerçekleşir (Mayes and Oksanen 2002).

1.3.2.1. Kurutma Süreci

Isıl işlemde en fazla zaman alan evresidir. Bu evre ayrıca yüksek sıcaklıkta kurutma olarak da adlandırılmaktadır. Kuruma fazının başlangıcında ahşap malzeme kuru ya da yaş halde olabilir. Başarılı bir kurutmada iç çatlamaların olmaması önemlidir. Sıcaklık artırılarak su buharı ortamında yüksek sıcaklıkta kurutma yapılır. Burada önce ahşabın sıcaklığı hızla 100°C'ye çıkarılır, daha sonra yavaşça 130°C'ye kadar yükseltilir. Aynı zaman da ahşapta çatlakları önlemek için, ahşabı ön koruma amaçlı su buharı tatbik edilir. Nem miktarı sıfıra indirir.

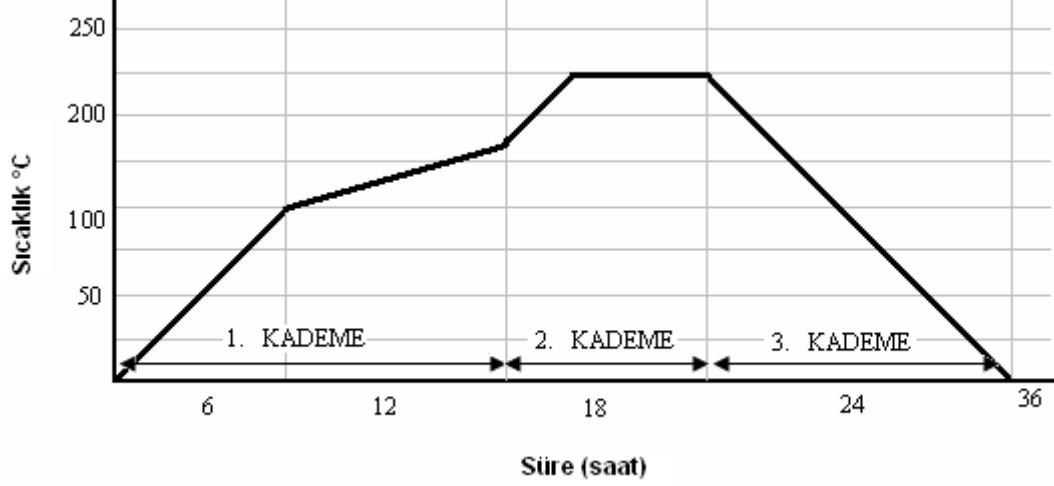
1.3.2.2. Isıl İşlem Süreci

Birinci evreyi takiben ısıtıl işlem proses seviyesine bağlı olarak sıcaklık 185–215°C'ye kadar yükseltilebildiği kapalı odalarda yapılmaktadır. Yanmasını engellemekte kullanılan gaz (Nitrojen) hem odunun korunmasında hem de odunda gerçekleşen kimyasal değişime etkisi bulunmaktadır. Isıl işlem 2–3 saat içerisinde gerçekleşmektedir.

1.3.2.3. Kondisyonlama Süreci

Odun ısıtıl işlemden sonra bir kontrol yolu olarak soğutulur. Burada odun ve dış hava arasındaki yüksek sıcaklığın sebep olabileceği çatlamalardan dolayı bu basamak

titizlikle takip edilmelidir. Muamele sıcaklığına ve keresteye bağlı olarak kondisyonlama 2–5 saat arasında yapılabilir. Şekil 1.9’ de Thermowood ısıtım işlem diyagramı gösterilmektedir (Mayes and Oksanen 2002).



Şekil 1.9. Thermowood ısıtım işlem diyagramı (Mayes and Oksanen 2002).

1.3.2.4. Thermowood İşleminin Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinde özelliklerine göre farklı sınıflandırma yapılmaktadır. Isıtım işlemi iki standart muameleye göre sınıflandırılır. Bunlar: Thermo–S ve Thermo–D olarak 2’ye ayrılırlar:

Thermo–S: S harfi kararlılık (Stability) anlamına gelmektedir. Kararlılık bu tür ürünlerin son kullanım yerinde anahtar bir özelliktir. Ortalama rutubetten dolayı teğet yönde şişme ve daralma Thermo–S sınıfı muamele edilmiş odunda %6–8 arasındadır.

Thermo–D: D harfi direnç (Durability) gelmektedir. Bu ürünlerin karakteristik özellikleri biyolojik zararlılara karşı direnç anahtar bir özelliktir. Ortalama nemden dolayı teğet yönde şişme ve daralma Thermo–D sınıfı ısıtım işlem görmüş odunda %5–6 dolaylarındadır.

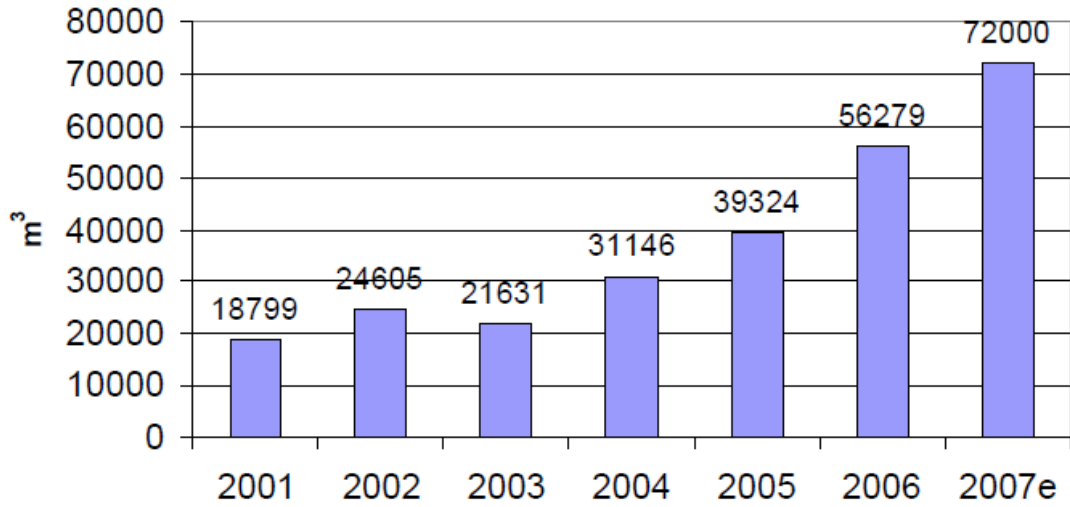
Thermo–S ($190\text{ °C} \pm 3$) ve Thermo–D ($212\text{ °C} \pm 3$) iğne yapraklı ağaçlar için muamele sınıfıdır. Yapraklı ağaçlar için ise ($185\text{ °C} \pm 3$) ve ($200\text{ °C} \pm 3$) kadardır. İYA ve YA için Thermo–S ve Thermo–D kullanım yerleri Çizelge 1.5’de verilmiştir (Mayes and Oksanen 2002).

Çizelge 1.5. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kullanım yerleri.

İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLAR (LADİN, GÖKNAR)	
THERMO – S	THERMO – D
Bina Yapımı	Kaplamalarda
Duvar ve Tavan Panelleri	Dış Birleştirmelerde
Mobilyada	Panjurlarda
Bahçe Mobilyalarında	Ses Bariyerlerinde
Kapı ve Pencerelede	Sauna ve Banyo Kaplamalarında
Çatılarda	Gemi Güvertelerinde
Kaplamalarda	Bahçe Mobilyalarında
Panjurlarda	Çatı Şeritlerinde
Kaplamalarda	Diğer Dış Ortam Yapılarında
YAPRAKLI AĞAÇLAR (MEŞE KAYIN)	
THERMO – S	THERMO – D
Duvar ve Tavan Panelleri	Thermo – S ile benzer kullanım alanlarına sahiptir. Sadece daha koyu bir renk talep edilirse Thermo – D kullanılmalıdır.
Mobilyalarda	
Bahçe Yapılarında	
Tavanlarda	
Sauna Kaplamalarında	

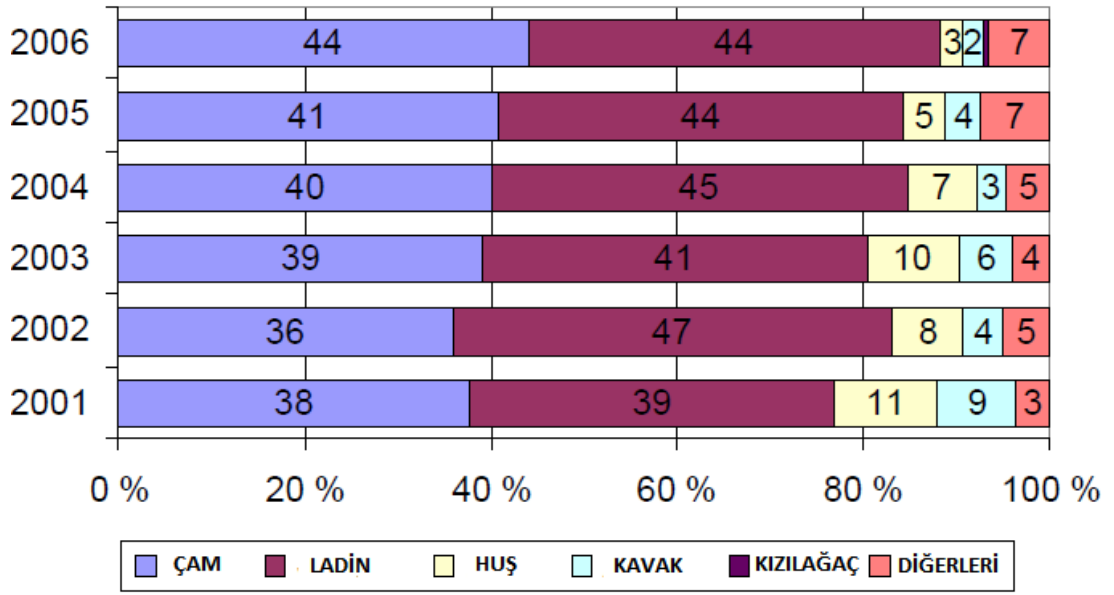
1.3.2.5. Thermowood İşleminin Pazar Payı

Şekil 1.10’ de thermowood ısıl işlem metodunun yıllara göre giderek artan satış pazarını göstermektedir.



Şekil 1.10. Thermowood üretiminin 2001 – 2006 yılları arasındaki satış miktarı ve 2007 yılına ait tahmin edilen satış miktarıdır (Alla-Viikari 2007).

Şekil 1.11’de 2001–2006 yılları arasında ağaç türlerine göre thermowood ısıl işlem üretim oranları gösterilmektedir.



Şekil 1.11. 2001–2006 yılları arasında ağaç türlerine göre thermowood ısıl işlem üretim oranları (Alla-Viikar 2007).

1.3.3. Sıcak Yağ Uygulaması

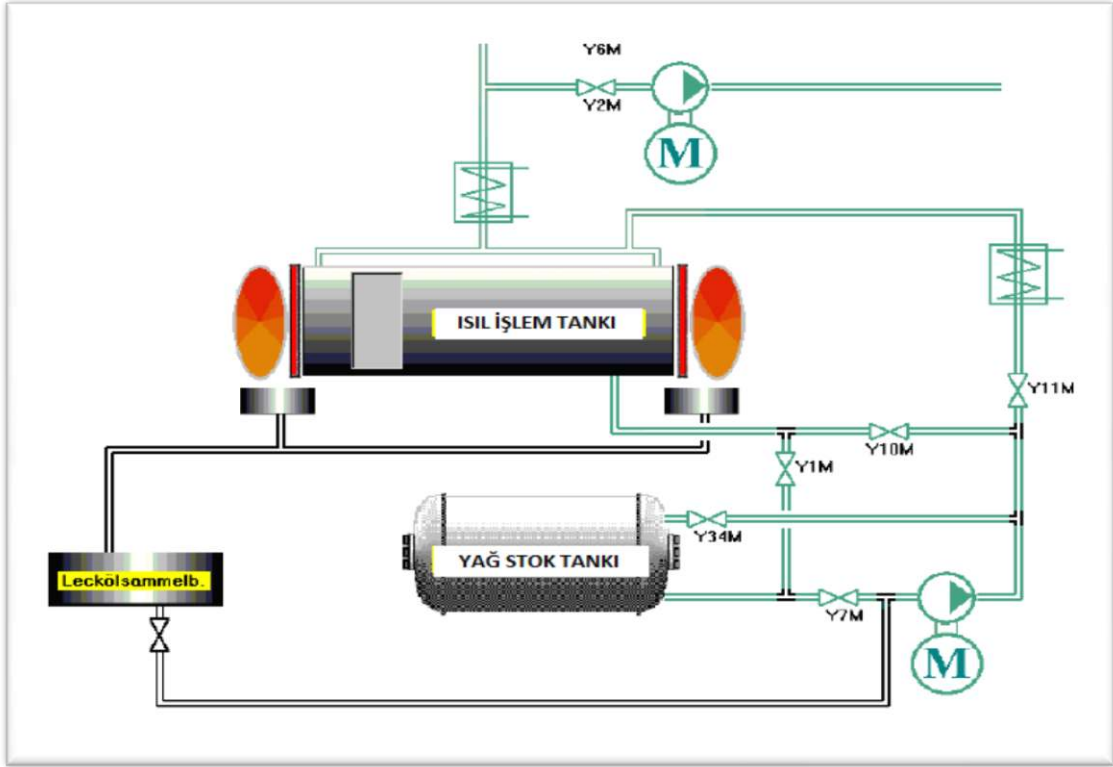
Geliştirilen son ısıl işlem tekniklerden biri de Almanya’da endüstrileşmiş olan sıcak yağ uygulamasıdır. Isıl işlem genellikle sıcaklık 180°C – 260°C arasında inert gaz atmosferinde gerçekleştirilir. Birçok doğal yağların ve reçinelerin kaynama noktası odunda ısıl işlem için gereken sıcaklıktan daha yüksektir. Bu durum, Sıcak yağ banyosundaki odunun birçok ısıl işlem seçeneklerini olanak sağlamaktadır. En yüksek biyolojik dayanım ve en az yağ tüketimi için 220°C , en yüksek biyolojik dayanım ve en az direnç kaybı için $180\text{-}200^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar uygulanmaktadır. Sıcak yağ ile ısıl işlem uygulaması 3 safhada gerçekleşmektedir. Isıtma ve kurutma safası, birinci safahası olup sıcaklık 60°C ’den $160\text{--}200^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar çıkmaktadır. İkinci safada, odun kalınlığının orta noktası maksimum sıcaklığa ulaştığında gerçek ısıl işlem basamağı uygulanmaktadır. Üçüncü safada ise soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Toplam ısıl işlem süresi 17 – 19 saat kadardır. Isıtmada ham bitkisel yağlar (Şalgam tohumu, keten tohumu, ayçiçeği yağı, kolza tohumu) kullanılmaktadır Şekil 1.12’ da sıcak yağ uygulaması gerçekleştiren ısıl işlem tankı gösterilmektedir. (Leithoff and Peek 1998; Rapp and Sailer 2000).



Şekil 1.12. Sıcak yağ uygulaması gerçekleştiren ısıl işlem tankı (Rapp and Sailer 2000).

1.3.3.1. Sıcak Yağ Uygulaması Gerçekleştiren Isıl İşlem Fırının Çalışma Prensibi

Fırının temel tasarımı Şekil 1.13’ de gösterilmektedir. Isıl işlem kapalı bir proses tankı içerisinde uygulanmaktadır. Isıl işleme maruz bırakılacak odun ısıl işlem tankına depolanır ve daha sonra sıcak yağ, yağ deposu tankından ısıl işlem tankına gönderilmektedir. Isıl işlem tankı, odun hammaddesinin etrafında sirküle edilen yağın yüksek sıcaklığını, uygulama işlemi süresince muhafaza etmektedir. Proses tankı boşaltılmadan önce sıcak yağ depoya geri gönderilmektedir (Rapp and Sailer 2000).



Şekil 1.13. Sıcak yağ uygulaması gerçekleştiren ısıtım fırının temel tasarım planı (Rapp ve Sailer 2000).

1.3.4. Retification (Retified Wood)

Fransa'nın Ecole des Mines de Saint – Etienne üniversitesinde geliştirilen ve New Option Wood şirketi tarafından patenti alınan bir metottur. Öncelikle ağaç malzeme, % 12 rutubete kadar kurutulmakta daha sonra 210 – 240⁰C sıcaklıkta, % 2' den daha az oksijenin bulunduğu nitrojen gazı atmosferi altında özel bölmelerde kademeli şekilde uygulanan ısıtım işlemi metottur. Bu işlem, her biri yılda 3500 m³'lük kapasite ile çalışan ve her birindeki 8 m³'lük belirli ısıtım işlemi bölmesi olan üç farklı endüstriyel ünite biriminde ve bunlara ilaveten 2001'den bu yana işletimde olan bir başka fabrikada uygulanmaktadır (Vernois 2001).

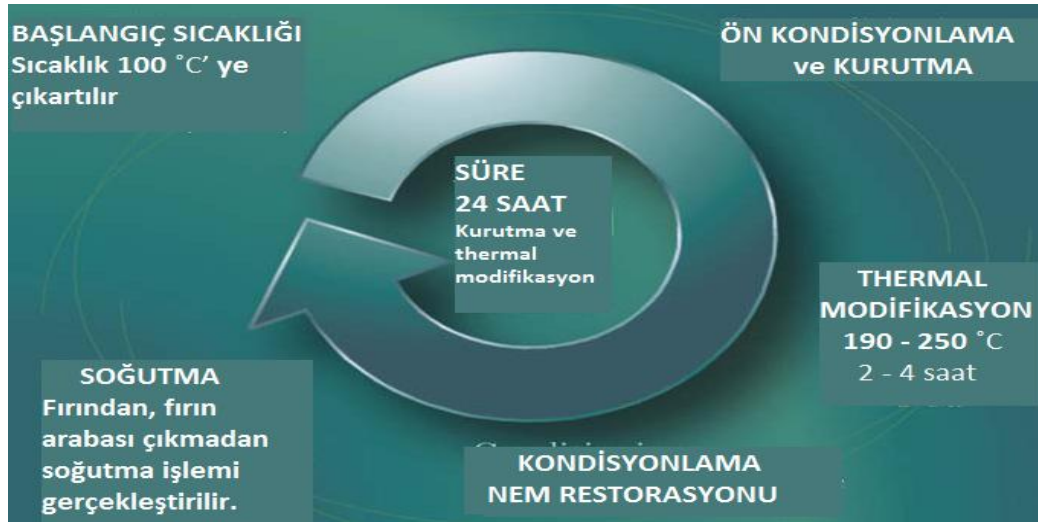
1.3.5. Le Bois Perdure

Şu anda Fransa'da lisanslı ve patentli olan yöntem, BCI – MBS şirketi tarafından geliştirilmiştir. Bu metot taze haldeki oduna uygulanan ısıtım işlemidir. İlk olarak odun fırında teknik kurutmaya tabi tutulmaktadır. Daha sonra odun, doymuş su buharı atmosferi altında 230⁰C' de ısıtım işlemi tabi tutulmaktadır (Vernois 2001).

1.3.6. Stellac Yöntemine Göre Isıl İşlem

Stellac ısıtım işlem metodu, hava sızdırmaz paslanmaz çelik fırınlarda yüksek sıcaklıkta oduna yapılan termal modifikasyon işlemidir. Isıl işlem maruz bırakılacak odunlar bir paket içine istiflenir ve konveyörler vasıtasıyla fırına taşınır. Stellac fırını içinde ısıtım işlem süreci birkaç adımdan oluşmaktadır.

Prosesin ilk adımında fırın içerisindeki oksijen ortamdan uzaklaştırılmakta ve fırın sıcaklığı 100°C'ye kadar çıkarılmaktadır. İkinci işlem olarak ağaç malzemeyi asıl ısıtım işlem periyoduna hazırlamak ve odun içerisindeki gerilmeleri azaltmak bakımından ön kondisyonlama işlemi uygulanmaktadır. Eğer malzeme taze halde ise ön kondisyonlama periyodu boyunca malzemenin kurumasi sağlanmaktadır. Daha sonra 250°C sıcaklıklara kadar varabilen ve birkaç saat kadar sürebilen ısıtım işlem uygulamasına geçilmektedir. Arkasından, ısıtım işlem sonucu odun içerisinde meydana gelen gerilmeleri azaltmak ve malzemenin nihai kullanım yerinde öngörülen gerekli rutubet miktarını sağlamak üzere ikinci bir kondisyonlama işlemi uygulanmaktadır. Son olarak ise ağaç malzeme fırından çıkarılmadan önce dikkatli bir şekilde soğutulmaktadır. İşlemin tamamı ağaç türüne ve malzeme boyutuna göre değişmekle birlikte yaklaşık 24 saat kadar sürmektedir Şekil 1.14'de Stellac yönteminin ısıtım işlem süreci gösterilmektedir (Lallukka 2007).



Şekil 1.14. Stellac yönteminin ısıtım işlem süreci (Lallukka 2007).

1.4. RENK AÇMA İŞLEMİ

Ağaç türlerinin koku, tat, renk, desen vb. fiziksel karakteristikleri farklıdır. Odunda renk bozulmaları canlı odunda yaralanma, ölü budak oluşumu, hastalık, vb. sebepler yanında odundaki bazı kimyasal maddelerin oksidasyonu veya ileri yaşlarda öz odunu oluşumu ya da tanenli odunların metallerle teması sonucu oluşan renklenmeler ile meydana gelmektedir. Ayrıca ağaç malzemenin yıllık büyüme halkasında yoğunluk farkından dolayı (yaz odunu, ilkbahar odunu) renk farklılıkları oluşmaktadır. Mobilyanın rengi, biçim, ölçü, form, denge vb. kadar önemlidir. İç dekorasyonda kullanılan halı, perde vb. tekstil ile duvar, tavan ve taban kaplamalarına uyumlu olması istenir. Doğal halde iken ağaç malzemenin rengi çoğu zaman bu tür ihtiyaçlara cevap veremez. Üst yüzey işlemleri yapılmadan önce yüzeylerinde renk açma işlemi ile istenen renk uyumu sağlanabilmektedir. Renk açma, bu maksatla kullanılacak bir çözelti uygulanarak, ağaç malzeme yüzeyi renginin daha açık hale getirilmesidir (Atar 1999).

Renk açma, bir çözeltinin uygulanmasıyla ağaç malzeme yüzeyinin renginin daha açık hale getirilmesidir. Mobilya endüstrisinde bazı ağaç türü odunlarına (maun, meşe, vb) üst yüzey işlemleri ile birlikte renk açma işlemi uygulanmaktadır. İstenmeyen renklerin giderilmesinde birçok renk açma metodu kullanılmaktadır. Vernikleme işlemlerinden önce ağaç malzeme yüzeylerinde, göze hoş görünecek ya da istenilen renk oluşturulabilir. Boyanmış ağaç malzeme yüzeylerinde rengin değiştirilmesi veya koyu rengin açılması gerekli olabilir. Ağaç boyaları ağaç malzemedeki genellikle yüzeysel renk ilavesi yaparken, renk açıcılar derinlemesine açık renk ve parlaklık oluştururlar. Renk açıcı kimyasal maddeler genellikle ağaç malzeme yan bileşiklerine etki eden reaktiflerdir. Renkleri yok etmezler, yan bileşikleri etkileyerek şeffaf hale getirirler (Atar 1999).

Ağaç malzemedeki lifleri yaralamadan lekeleri ve damar şeritlerini çıkarmak ve rengini açmak genellikle zordur. Bazı ağaç odunlarında ise (meşe, dişbudak, akçağaç, ceviz, kayın vb.) renk nispeten daha kolay açılabilir. Açık havada kullanılan empenye ağaç malzeme yüzeyleri, zamanla güneş ışınları, yağmur vb. nedenlerle koyulaşır. Bu durumda renk açma işlemi yapılabilir (Atar 1999).

1.4.1. Renk Açmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu maksatla kullanılan en basit renk açıcılar tek çözeltili kimyasal maddelerdir. Bunlar, tek çözeltili oksalik asit kristallerinin sıcak su ile karışımından elde edilmekte ve küçük mobilya (kulp, sap, vb.) parçalarının rengini açmada kullanılmaktadır (Atar 1999).

Genel amaçlı renk açıcılar iki çözeltiden oluşmaktadır. Bazı çözeltelerde birinci çözelti kostik soda (NaOH) iken, ikinci çözelti hidrojen peroksittir (H_2O_2). İki çözeltiden biri diğerinin ardından uygulanabileceği gibi karıştırılarak da kullanılabilir. En etkili renk açma her iki çözeltinin birlikte kullanımı ile gerçekleşmektedir. Ticari renk açıcılar, oksalik asit + sodyum bisülfat, oksalik asit ve sodyum hipoklorit olarak piyasada bulunur. Renk açma çözeltileri genellikle cam ve porselen kaplarda hazırlanır. Çözelti hazırlanırken sıcaklık artışı oluşabileceğinden uygulamadan önce çözelti soğutulur. Yüzeye uygulama tabanca ile püskürtme, fırça ve pamuklu bez ile önce elyafa paralel sonra dik yönde sürme şeklindedir (Atar, 1999).

Renk açma işlemi uygulanan yüzeyler, üretici firma tavsiyesine göre, ılık su, oksalik asit, asetik asit vb. gereçler ile nötrleştirilerek yüzeyde kalması muhtemel olan tortular yıkanarak temizlenir. Nötrleştirme işleminde kullanılan oksalik asit buharlaştığında kristal halde artık bırakacağından çok titiz çalışılmalıdır. İşlem sonunda yüzey ılık su ile yıkanarak, artıklar temizlenmelidir (Atar 1999).

1.4.2. Renk Açma İşleminin Teknik Yönü

Renk, gözle algılanabilen ışığın 400 – 700 nm arasındaki dalga boylarının cismin yüzeyine çarptıktan sonra yüzey tarafından emilen ve geri yansıtılan bölümlerince belirlenir. Ağaç malzemenin doğal rengi, odunun tekstürü ve hücre çeperine yerleşmiş renk verici maddeler sayesinde yüzeye gelen ışığın bazı dalga boylarının emilip, bazılarının yansıtılması sonucu belirlenir. Ancak zamanla ve daha çok harici etkiler nedeniyle renk maddeleri, ekstraktif vb. meydana gelen değişiklikler ağaç malzemenin doğal renginin değişmesine yol açar. Renk değişiminde, renk maddelerinin güneş ışığındaki U.V. dalga boylarının katalizörlüğünde odun dokusundaki diğer kimyasallar ile etkileşime girerek yeni renkli bileşikler oluşturması önemli bir faktördür. Odun dokusundaki bu yeni oluşum nedeniyle yüzeye gelen ışınların emilen ve yansıtılan bölümleri farklılaşır ve yeni renk, malzemenin doğal renginden farklı konuma geçer. Bu durum açık renkli ağaç odunlarındaki sararmanın başlıca nedenidir (Sönmez 2005).

Renk değişiminin bir diğer nedeni de oksidasyondur. Yapısında tanen ve okside olma özelliğinde diğer kimyasalları bulunduran ağaç malzemelerde, havanın oksijeni ile girdikleri oksidasyon sonucu zamanla odun dokusunda yeni renkli bileşikler hazırlanır. Bu gibi yüzeylerde, gelen ışığın emilen miktarı yansıtılan miktardan fazla olduğu için renk koyu görünür (Sönmez 2005).

1.4.3. Renk Açma İşleminin Yapılışı

Renk açma işleminde birbirinden farklı özellikte kimyasallar kullanılır. İşlemden kullanılacak kimyasalların seçiminde yapılacak hatalar daha sonra giderilmesi mümkün olmayan sonuçlara sebep olabilir. Bu nedenle öncelikle renk bozunmasının nedenlerinin araştırılması, buna göre de uygun malzemenin seçilmesi ve işlem yönteminin belirlenmesi gerekir.

Renk açma uygulamasının yapılışında, uygun malzeme seçimi ve işlemleri belirlerken iki temel yöntem esas alınır. Bunlar;

- Ağartma ile renk açma
- Redüksiyon etkisi ile renk açma'dır.

1.4.3.1. Ağartma ile Renk Açma

Bu yöntem genellikle açık renk ağaç malzemelerde sararma şeklinde görülen renk bozulmalarında uygulanır. Ayrıca, daha önce arzu edilenden koyu tonda renklendirilmiş yüzeylerde rengi açmak ve ağaç malzemedeki oluşumunu tamamlamamış renk pigmentlerinin renk değiştirici etkisini azaltmak amacıyla da uygulandığında başarılı sonuçlar verir. Örneğin; kayın malzemedeki doğal renk pigmentlerinin pembeleşme eğilimi vardır. Bu yüzden kayın malzemeyi gri renkte renklendirmek için gri renk pigmentlerinin kullanıldığı çözelti ile işlem yapıldığında bile elde edilen renk pembe-gri olacaktır. Bu işlemde gri rengin elde edilmesi için renklendirme işleminden önce renk açma işleminin yapılması gerekliliği vardır (Sönmez 2005).

Ağartma yönteminde hidrojen peroksit (H_2O_2), klorlu su ve perboratlı su renk açma malzemesi olarak kullanılır. Bunlar içerisinde en fazla kullanılan hidrojen peroksittir. Hidrojen peroksit, perhidrol olarak ta bilinir ve hızla su ve oksijene ayrışır. Depolama sorunları ve uygulama aşamasına kadar ayrışmasını önlemek amacı ile üretilirken bileşimine reaksiyon durdurucu (stabilizatör) ilave edilmiştir. Durdurucu olarak fosforik asit veya sülfürik asit kullanılır. Endüstriyel uygulamalar için % 35'lik çözeltiler

halinde satılır ve 1 litresinin suda tamamen parçalanması halinde 120 litre oksijen açığa çıkar (Sönmez 2005).

Hidrojen peroksit ile renk açma işleminde en uygun sonuç, genellikle akça ağaç, dişbudak, kayın, ceviz, huş, kiraz ve çınar gibi açık renkli ağaç malzemelerde elde edilir. Meşe gibi yapısında okside olma özelliğindeki sepi maddeleri ya da depozit maddeler bulunduran ağaç malzemeler ile bazı tropik bölge ağaç odunlarında hidrojen peroksitin doğrudan kullanılması halinde lekeler oluşabilir. Bu gibi durumlarda, hidrojen peroksitin kullanımı farklı bir yöntemi gerektirir. Bu yöntemde, hidrojen peroksit sodyum hidroksit ile birlikte kullanılır. Uygulama iki şekilde yapılır. Birinci uygulama şeklinde, tanenli ağaç malzeme yüzeyine önce sodyum hidroksit sürülür. Böylece sodyum hidroksit ile tanen okside edilirken odun dokusunda yeni kimyasal bileşikler hazırlanır. Bu işlemde tanen özelliğini yitirirken bir anlamda ağaç malzemede kimyasal renklendirme yapılır. Daha sonra yüzeye hidrojen peroksit sürülerek renk ağartılır. İkinci uygulama şeklinde ise sodyum hidroksit ile hidrojen peroksit aynı kapta karıştırılarak birlikte kullanılır. Ancak bu iki sıvı birbirine karıştırıldığında 3 – 4 saat içerisinde kullanılma zorunluluğu vardır. Bu süre aşıldığında sıvının ağartma gücü giderek azalır (Sönmez 2005).

1.4.3.2. Redüksiyon Etkisi İle Renk Açma

Bu yöntemde, oksidasyon sonucu rengi koyulaşan ahşap yüzeylerde oksidasyonun bozulması ile rengin açılması yoluna gidilir. Yöntemin dayandırıldığı temel ilke, asitlerin sürüldükleri yüzeyden oksijen alarak oksidasyonu bozma özelliğidir. Bu amaçla sülfürik asit (H_2SO_4), hidroklorik asit (HCl), oksalik asit ($C_2H_2O_4$), asetik asit (CH_3COOH) ve sodyum bisülfat kullanılır. En fazla kullanılanı oksalik asittir (Sönmez, 2005).

1.4.4. Renk Açma İşleminin Amaçları

- Mobilyayı oluşturan parçaların tamamında renk bütünlüğü sağlamak.
- Renk koyulaşmasının sebeplerini gidermek suretiyle renk açarak ağaç malzemenin rengini, lif ve damar yapısını belirgin hale getirmek.
- Meşe dişbudak gibi tekstür bakımından birbirine benzeyen ancak renk farklılıkları olan ağaç malzemeleri birlikte kullanma imkânı yaratmak.

- Rengi kontrol altında tutmak, farklı zamanlarda üretilen mobilyalarda renk farklılaşmasının önüne geçmek, arzu edilen renklerin üretimine olanak sağlamak ve dolaylı olarak pazarlama imkânlarını arttırmak.
- Uzun dönemde, odun yan bileşikleri ve ekstraktif maddelerden kaynaklanabilecek renk değişimi ihtimalini azaltarak renk sabitesini sağlamak.
- Meşe, ceviz gibi ağaç odunlarında zamanla ışık etkisiyle görülen renk bozulmalarına karşı direnç kazandırmak.
- Mavi küf ve mantar etkisiyle görülen ve arzu edilmeyen renk bozulmalarını gidermek.
- Önceden koyu tonla renklendirilmiş ağaç malzemedede rengin arzu edilen açık tonlara getirmek.
- Odun dokusunda bulunan renk maddeleri (pigmentler) ile boya pigmentlerinin etkileşimi sonucu ortaya çıkan ve istenmeyen renklemelerin önüne geçmektir (Sönmez 2005).

1.5. RENK KAVRAMI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Renk, gözün retina tabakasından sinirlerin iletimi ile beyinin arka kısmında bulunan loblarda enerji naklinden üretilen hislerin yorumu olarak bilinmektedir. Vernik ve ağaç malzeme renklendiricilerinin; renk, parlaklık, ışık yansıtma derecesi, yüzey pürüzlülüğü gibi özellikleri, ahşap mobilyalar için önemlidir. Rengin oluşmasında, ışık önemli bir faktördür. Çünkü karanlık bir odada mobilyalar sayı olarak belli olur, fakat renk ve şekil tam olarak görülemez. Bu nedenle vernikli ya da boyalı yüzeylere yansıyan ışığın davranışları, gelen ışığın, özelliğine bağlıdır (Payne 1967).

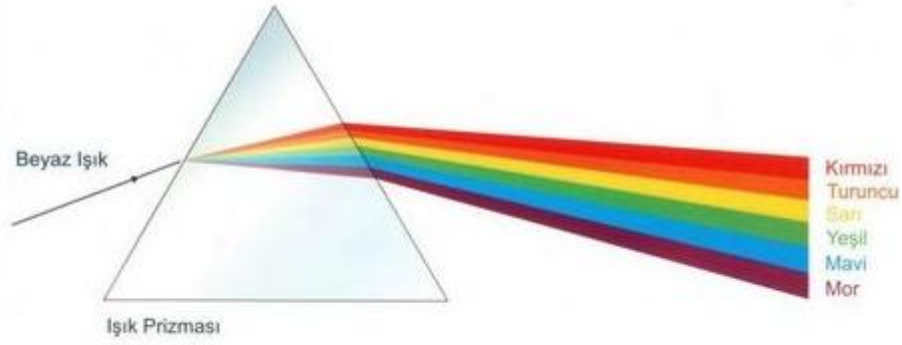
İnsan gözünün algıladığı renkleri, oluşum mekanizmalarına göre üç grub altında toplamak mümkündür;

- Tayf (spektrum) renkleri,
- Soğurma (absorbsiyon) renkleri,
- Girişim (interferans) renkleri.

1.5.1. Tayf (Spektrum) Renkleri

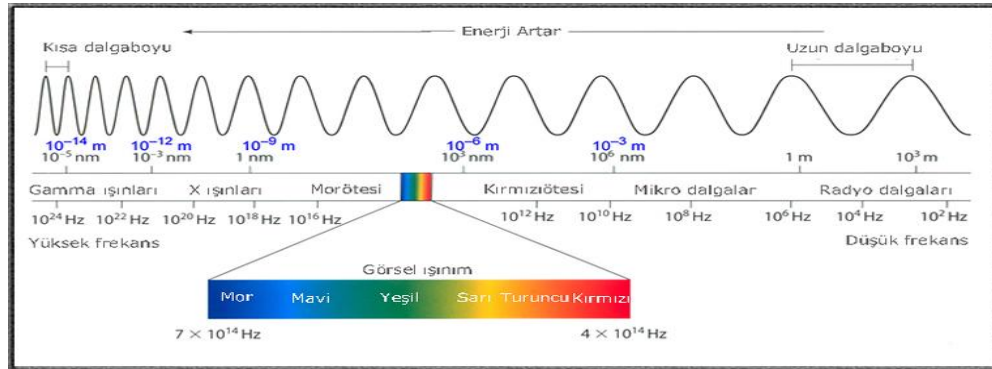
Güneş yüzeyindeki atomlarda bulunan atomaltı parçacıklar ortalama 6000 °C olduğu belirtilen sıcaklığın etkisiyle uyarılarak, geniş bir dakga boyu aralığındaki ışınları

kapsayan bir ışıma yayarlar. Dünyamıza ulaşan güneş ışığı, farklı dalga boylarındaki ışık ışınlarını içerdiğine göre, güneş ışığını bir prizmadan geçirerek, her biri farklı dalga boylarına sahip sonsuz çeşitlilikte “tek dalga boylu (Monokromatik)” ışık elde etmek mümkündür. Şekil 1.15’de gün ışığının bir prizmadan kırılarak tek dalga boylu renklere ayrışması gösterilmektedir (Tunçgenç 2004).



Şekil 1.15. Gün ışığının bir prizmadan kırılarak tek dalga boylu renklere ayrışması.

Bu dalga boylarının en kısıası, 400 μm ile mor renk olup; en uzun dalga boylu olanı ise 700 μm olan kırmızı rengidir. Bu iki dalga arasında görünen tayflar ise mavi, yeşil, sarı ve turuncudur. 400 μm ’den küçük dalga boylarına mor ötesi (ultraviyole), 700 μm ’den büyük dalga boylarına kızılötesi (ultrared) denir. Bu ışınlar insan gözü ile görülemez. Görülebilir tayf ve mikron olarak dalga boyları Şekil 1.16’de gösterilmektedir (Payne 1967).



Şekil 1.16. Görülebilir tayf ve mikron olarak dalga boyları.

Güneş ışığının kırılmasıyla elde edilen ve tek dalga boylu ışık ışınlarından oluşan renklere “tayf renkleri (Spektrum renkleri)” adı verilmektedir. Tek dalga boylu renkleri elde etmenin bir yolu da, bir referans cismi kontrollü biçimde ısıtarak ışıma yapmasını sağlamaktır. Bu amaçla, en yaygın kullanılan cisim tungsten telidir. Tungsten teli çeşitli

sıcaklıklara ısıtılarak, o sıcaklığa özgü “tek dalga boyulu” bir ışımanın oluşması sağlanır. Sonuç olarak, tüm tayf renkleri, bir çerçeve yazısının giriş paragrafında özetlenen mekanizmayla oluşurlar (Tunçgenç 2004).

1.5.2. Soğurma (Absorbsiyon) Bağlı Tamamlayıcı Renkler

Güneşin, yeryüzüne ulaşan görünür bölge ışınları cisimlerin yüzeylerine çarptıklarında, içerdekileri farklı dalga boylarındaki bileşenlerden bir bölümü, yüzey atom veya moleküllerince soğurulur, bu enerji fazlasını, ısı biçiminde çevreye iade ederek algıladığımız cisimler, üzerine düşen ve görünür bölgede yer alan tüm dalga boyundan ışınları içeren güneş ışığının bir bölümünü soğurur ve kalanını yansıtırlar. Burada, insan gözünün ve beyninin bir algılama hatası devreye girer. Yansıyan ışığı oluşturan ve farklı dalga boylarındaki ışıklardan oluşan (dolayısıyla farklı renklerdeki pek çok ışını içeren) huzmeyi tek bir renk olarak algılarız. Gelen ışık, soğuran ışık ve yansıyan ışık olarak ikiye ayrıldığından, yansıyan ışığın algıladığımız rengine “tamamlayıcı renk (complementary color)” adı verilir.

Tayf renkleri ve soğurma renklerinin ve bu arada floresant ve fosforesant renklerin oluşumunu daha iyi anlayabilmek için, atomaltı (subatomik) etkileşimleri topluca özetlemek yararlı olacaktır.

Yüksek enerjili uyarıcıların etkisiyle uyarılan elektronlar, soğurdukları enerji fazlasını, ışık enerjisi halinde dış ortama geri vererek, (ışyarak) denge durumuna geri dönerler. Bu ışıma dolayısıyla çeşitli renklerde ışıklar oluşur. Bu biçimde oluşan renklere ışıma (radyasyon) renkleri veya tayf (spektrum) renkleri adı verilir.

Herhangi bir cismin üzerine düşen güneş ışığı, o cismi oluşturan elektronlardan, uyarılması en az enerji gerektirenler olan “dış yörünge elektronlarını uyarabilir. Uyarılmış yörüngeye bir an için sıçrayan elektron hızla, uyarılmadan önceki yörüngesine geri döner ve uyarılma enerjisini üç biçimde dış çevreye geri verir:

- Isı enerjisi biçiminde (renk pigmentlerinin büyük çoğunluğunun davranışı bu şekildedir).
- Bir kısmını ısı enerjisi biçiminde, kalanını gelen ışıktan daha düşük enerjili bir ışıma biçiminde (gelen huzmedeki, görünmeyen mor ötesi ışınları, mavimsi görünür ışınlar biçiminde yansıtır, floresant beyazlatıcılar bu şekildedir.).

- Bir kısmını ısı enerjisi biçiminde, kalanını, bir sürelik gecikmenin ardından ışıma biçiminde gerçekleştirir (fosforesant pigmentlerin davranışı bu şekildedir).

Renkli cisimler en çok, ısı enerjisi biçiminde olduğu gibi davranırlar. Burada, cismin rengini, gelen ışık huzmesinin içinden hangi dalga boyundaki kısmın soğurulduğu belirler. Bu da son yörüngedeki elektronların uyarılma enerjileriyle ilgilidir. Moleküller üzerindeki bazı gruplar, moleküler orbitallerin, farklı renklerin oluşumuna yol açacak uyarılma enerjilerine sahip olmalarına yol açarlar. Bu gruplara “kromofor gruplar” adı verilir. Pigmentler ve boyar maddeler, yapılarında yüksek oranda kromofor grupların yer aldığı maddelerdir (Tunçgenç 2004).

1.5.3. Girişim Renkleri

Özellikle, kalınlıkları ışığın dalga boyu civarında olan ince levhalar üzerine düşen ışık ışınlarının, ince levhanın alt ve üst yüzeylerinden yansıyan bölümleri “girişim (interference)” adı verilen bir fiziksel etkileşime uğrayarak farklı renkte algılanırlar (Tunçgenç 2004).

1.6. RENGİN TANIMLANMASI

Günlük hayatta, nesneleri algılamamızda söz konusu olan renklerin çok büyük bir bölümünü soğurmaya bağlı tamamlayıcı renkleri belirleyen üç temel etkenden söz edilebilir:

- Işık kaynağı
- Renkli yüzey
- Gözlemci

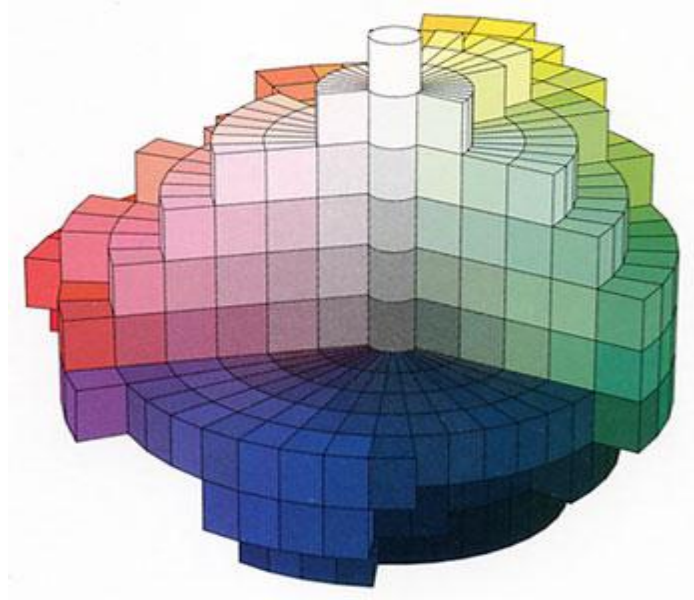
Tarihsel olarak, ilk aşamada, renkli cisimlerin hangi dalga boylarını soğurduklarını hassas ölçümlerle belirlemek amacı ile, birçok araştırma yapılmıştır. Daha sonra geliştirilen renk sistemleri, yüzeye düşen ışıkla ilgili belirlemeleri de dikkate almışlardır. Tüm bunlar sonucunda, renkleri çeşitli bileşenlere ayırarak tanımlamayı hedefleyen renk sistemleri geliştirilmiştir. Bunların içinde en çok kullanılan sistemler Munsell Renk Sistemi, Doğal Renk Sistemi (Natural Color System, NCS) ve CIELab Sistemleridir (Tunçgenç 2004).

1.6.1. Munsell Renk Sistemi

Tüm renklerin üç boyutlu bir silindirik uzaydaki noktalar olarak temsil edildiği bir sistemdir. Munsell renk sistemine göre her renk üç bileşenden oluşur:

- Renk tonu (Hue),
- Doygunluk (Croma veya Saturation),
- Işıklılık (Lightness veya value).

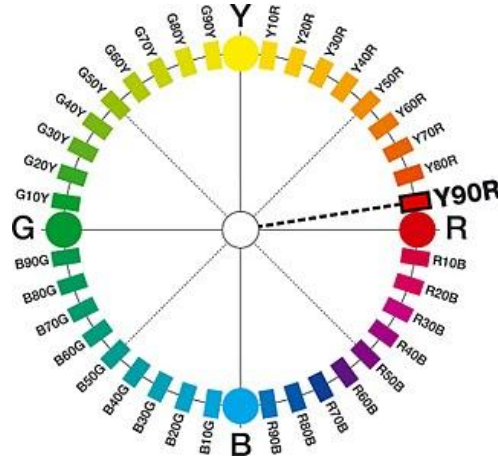
Her noktası, bir renk yaprağının asılı olduğu küre biçimli Munsell renk ağacının, dalları seyreltilmiş bir görünümü Şekil 1.17’de yer almaktadır. Gerçek tasarlandığı biçimi ile Munsell renk ağacı 100 daldan oluşmaktadır. Her daldaki en doygun renge sahip yapraklar kürenin ekvator çizgisi üzerinde yer almaktadır. Dal üzerinde, kürenin tepesine doğru gidildikçe aynı renk tonuna sahip olan daha ışıklık, daha aydınlık yapraklara; alt ucuna gidildikçe aynı renk tonunda fakat daha karanlık yapraklara rastlanır. Ekvator çizgisi üzerindeki herhangi bir noktadan kürenin merkezine doğru gidildikçe aynı renk tonunda fakat giderek azalan doygunlukta yapraklarla karşılaşılır, munsell renk ağacında en ışıklık (beyaz) yaprakla en karanlık (siyah) yaprak arasında 10 adım tanımlanmıştır (Tunçgenç 2004).



Şekil 1.17. Munsell renk ağacının seyreltilmiş bir görünümü (Tunçgenç 2004).

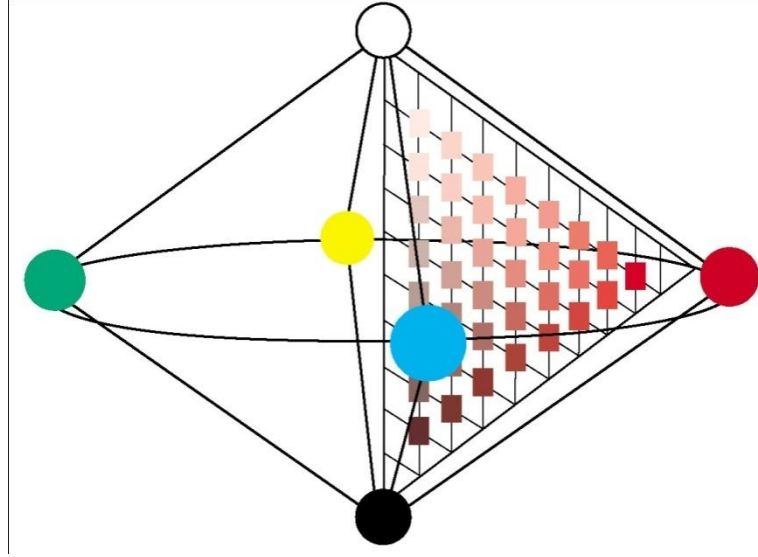
1.6.2. Doğal Renk Sistemi (Natural Color System, NCS)

Doğal renk sisteminde pek çok açıdan Munsell Renk sistemi ile benzerlik gösterir. Işıklılık ve doygunlukla ilgili tanımlar Munsell tanımı ile aynıdır. Renk tonunu tanımlamada ise Yeşil – Kırmızı zıt renk çiftiyle, Sarı – Mavi zıt renk çiftinin ana renkleri olarak tanımlanmasıyla Şekil 1.18’de gösterilen bir renk çemberi oluşturulur.



Şekil 1.18. Doğal Renk Sistemi (NCS) uzaydaki doygun renklerin gösterimi (Tunçgenç 2004).

NCS sisteminde, Şekil 1.18’de görüldüğü gibi 40 adet renk tonu tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra 10 adet ışıklılık ve 10 adet de doygunluk derecesi tanımlanmıştır. NCS renk uzayının ve bu renk uzayındaki dallardan birinin görünümü Şekil 1.19’de verilmiştir. Bu renk uzayındaki bir menekşe rengi 2080-R70B olarak belirtilebilir. Bu kısaltmanın açılımı, rengin tonu % 70 mavi ile % 30 kırmızından oluşmaktadır. Renk % 80 oranında doygundur ve % 20 oranında siyah içermektedir (Tunçgenç 2004).

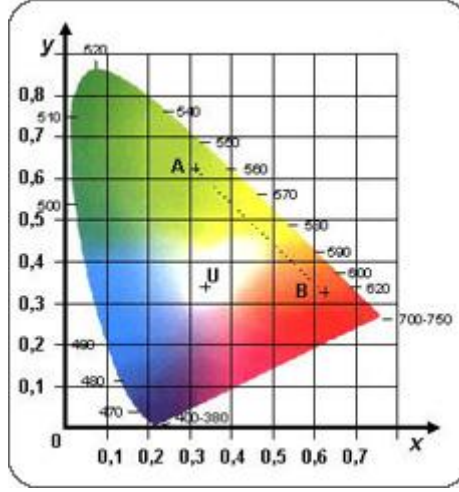


Şekil 1.19. Doğal renk sistemi NCS'nin renk uzayının, bir renk tonundaki farklı doygunluk ve ışıklılıktaki renklerin toplu görünümü (Tunçgenç 2004).

1.6.3. CIELab Sistemi

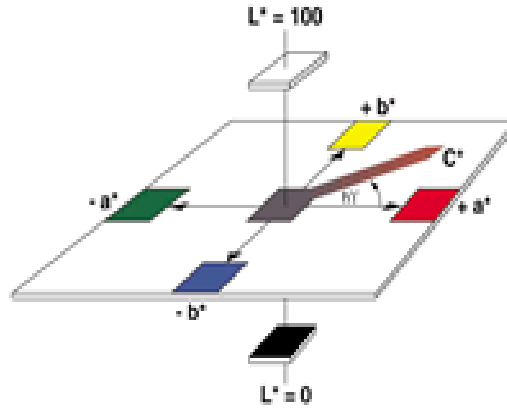
CIELab sisteminin ismi Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Comission International de l'Eclair CIE)'nun Fransızca olan adının kısaltılmasından türemiştir. Komisyon 1931 yılında, kendi adı ile anılan, CIE renk sistemini oluşturmuştur. Tüm renklerin, üç renkli ışığın değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilebildiği bilinmektedir. Sistemin modellenmesi, insan gözündeki konik ışık algılama hücrelerinin üç tipte olduğu ve bunların mavi, yeşil ve kırmızı renkteki ışıklar olduğu bilgisini temel alır.

CIE sisteminde hangi dalga boylarındaki ışık ışınlarını ne oranda içerdiği tanımlanmış olan standart ışık, renkli bir yüzeyin üzerine düşürülür ve bir kısmı soğurulduktan sonra, kalan ışık huzmesi yüzeyden gözlemcinin gözüne yansır. Yansıyan huzmenin mavi, yeşil ve kırmızı ışıkları ne oranda içerdiği aletsel olarak ölçülür. Anılan üç ışık, gözdeki üç farklı algılayıcı hücreyi uyardıkları ve bunların oranlarına “üç uyarıcı değerler (Tristimulus values)” adı verilir (Tunçgenç 2004).



Şekil 1.20. Kromatik diyagramı, ışıklılık durumundaki renk düzleminde, renklerin koordinatları x , y cinsinden nasıl ifade edileceğini göstermektedir (Tunçgenç 2004).

x , y ve z renk koordinatlarını kullanarak tüm renkleri ifade etmek mümkündür. Bu biçimde Şekil 1.20 gibi hazırlanan çizimlere Kromatiklik (Cromaticity) Diyagramı adı verilir. Kromatiklik diyagramlarında temel sorun şudur: diyagramda yer alan nokta çiftleri arasındaki uzaklık olsa bu nokta çiftleri arasındaki “renk uzaklıkları” farklı olabilmektedir. Yani kromatiklik diyagramının içinde yer aldığı uzay uniform (Tek biçimli) değildir. Uniform özellikte bir uzayı oluşturmak amacı ile karmaşık sayılabilecek matematiksel işlemler sonucunda L , a ve b kordinatlarından oluşan kartezyen bir koordinat sistemi geliştirilmiştir. CIELab renk sistemi; tüm renkleri, geometrik uzaklıklarla renk uzaklıklarının hep aynı oranı koruduğu Şekil 1.21’de gösterilen kartezyen yapıya sahip Lab uzayında ifade edilebilmektedir (Tunçgenç 2004).



Şekil 1.21. CIELab renk uzayının L , a ve b koordinatları ile ve bunların ifade ettiği renklerin gösterimi.

1.7. RENK ÖLÇÜMÜ

Renk; kendisini meydana getiren bileşenlerin farklılığı, renk pigmentlerinin mikromoleküler yapılarındaki elektronların frekans ve titreşimlerinin farklı oluşu ile ortaya çıkar. Oluşan renk standardın her zaman aynı olmasına özen gösterilmesi, üretici firmalar için sürekli problem oluşturmaktadır. Bu nedenle renklerin uygunluğu ve ölçümler için hazırlanan metotlar iki grupta incelenmektedir (Payne 1967; Çakıcıer 2007).

1.7.1. Gözle Renk Ölçümü

Gözle renk ölçümü sırasında, aşağıdaki amaçlardan biri ya da birkaçı göz önünde tutulmalıdır (Tunçgenç 2004).

- Gözlemlenen ve bileşimi bilinmeyen bir rengin hangi pigment veya boyar maddelerden oluştuğunun tahmin edilebilmesi,
- Gözlemlenen rengin, bir referans renkle uyum derecesinin belirlenmesi,
- Gözlemlenen rengin, referans renkle daha uyumlu hale getirilmesi için hangi renklendiricilerin ne oranda eklenmesinin gerekli olduğunun belirlenmesi.

Bu amaçlara ulaşılabilmesi için öncelikle gözlemcinin renk ayırt etme yeteneği çok önemlidir. Kişilerin renk yeteneklerinin belirlenmesi için geliştirilmiş bazı düzenekler vardır. Bunlar içinde Munsell renk küresi testi en yaygın kullanılanıdır. İkinci önemli konuyu, incelenecek yüzeyi aydınlatacak ışığın niteliği oluşturur. Rengi ölçülmeye çalışılan nesnenin özellikleri kadar, gelen ışık huzmesinin özelliği de algılanan renk üzerinde etkilidir. Bu nedenle, bir ışık altında referans renge çok benzeyen renkteki bir cisim, başka bir ışık altında tamamen farklı görülebilir. Bir cismin farklı ışık kaynakları altında değişik renkte görünmesi olgusu metamerizm olarak adlandırılır. Bu nedenle renk incelemelerinde öğle vakti yüzü kuzeye döndürerek alınan güneş ışığının veya D65 ışığı olarak anılan ve gün ışığını temsil eden ışığın kullanılması uygun olur. Bir metamerizm sorunu olup olmadığını anlayabilmek için sarımsı tondaki ışıpta ayrıca renklerin karşılaştırılması yararlı olur (Tunçgenç 2004).

Renk incelemesi yapılacak ortamın ışık ve renk özellikleri önemlidir. Bu konudaki seçimlerle ilgili bir standart davranış bulunmaktadır. Ancak, geniş bir deneyim temeline sahip kaynaklar, yapay ışıklandırılmalı ortamlarda yapılacak renk değerlendirmelerinde,

renk kabini içlerinin L ışık değeri 60–70 arasında olduğu mat gri renge sahip olmasının, çok parlak renklerin karşılaştırılması dışında çok uygun olduğu; çok parlak renklerin incelenmesi sırasında kabin içi duvarlarına siyah bir kadife perde indirilmesinin en uygun ortamı yaratacağı belirtilmektedir (Berns 2000; Tunçgenç 2004).

1.7.2. Aletsel Renk Ölçümü

Fotoelektrik metodlar, standart renk (kalibre) kullanarak sayısal değerler verirler. Örnek renkten yansıma ile standart numuneden yansımaların ölçüm karşılaştırmasını yaparlar. Fotoelektrik metodlar olarak bilinen aletler iki grupta toplanırlar; bunlar ışık yansıması ile ölçüm yapan (colorimeter) ve ışık tayfı ile ölçüm yapan (spectrophotometer) aletleridir. Renk ölçme aletinde genellikle üç ya da daha fazla renklendirilmiş filtre bulunur. Bunlar mavi, yeşil ve sarı renkleri olup yansıma ölçümü bu filtrelerden geçirilerek yapılır (Çakıcıer 2007).

Gözlemcinin, yüzeyden gelen ışık huzmesinin renginin nasıl algılandığının tahmin edilmesi esasına dayanır. Bu amaçla, o rengi oluşturan üç uyarıcı rengin oranlarını yani tristumulus değerlerini ölçen renk ölçerler (colorimeters) kullanıldığı gibi, yüzeyin her dalga boyunda yaptığı soğurmayı ve saçınmayı veren daha gelişkin cihazlar olan spektrometreler de kullanılırlar. Tristumulus değerlerinin ölçümleriyle yetinen renk ölçerlerle, kalite kontrol amaçları açısından son derece hassas ve tekrarlanabilir sonuçlar alınabilir. Ancak, eğer aletsel renk ölçümünden; Rengi oluşturan pigment veya boyar maddelerin neler olduğunu ve ne oranlarda bulunduğunu (renk analizi), mevcut pigment veya boyar maddelerin öngörülen oranlarda kullanılmasıyla, hedef renge ne ölçüde yaklaşılabileceğini (renk sentezi) anlamak amaçlanıyorsa, spektrometrelerle çalışmak gerekli olmaktadır (Tunçgenç, 2004).

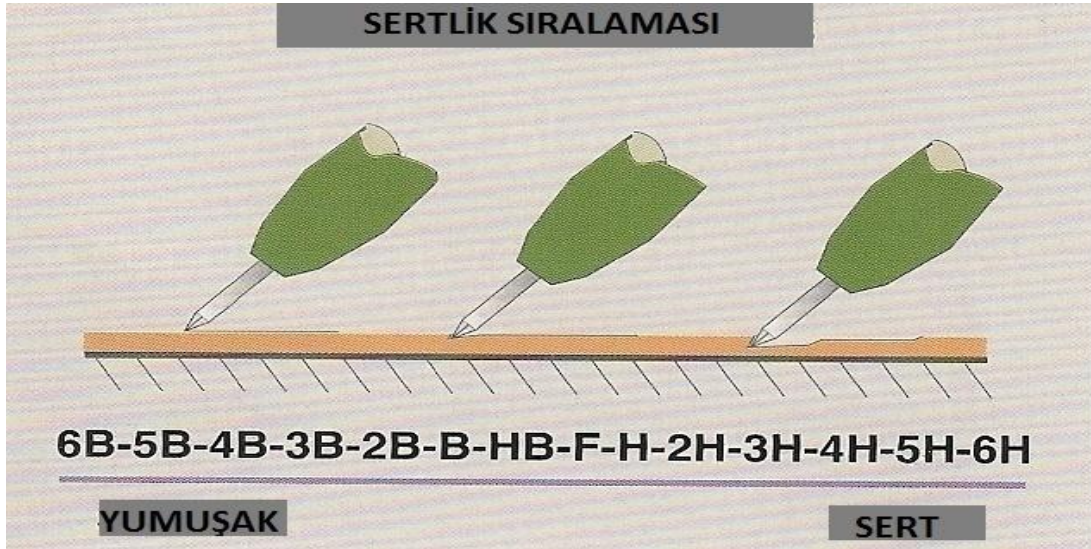
1.8. AĞAÇ MALZEMEDE SERTLİK KAVRAMI VE SERTLİK TESTLERİ

1.8.1. Çizilmeye Karşı Direnç Esasına Dayalı Sertlik Testleri

Çizilmeye karşı direnç esasına göre çalışan sertlik testlerinde; prensip olarak katmanlar belirli ağırlık ve açılar altında sert çiziciler ile çizilmeye çalışılır. Değişik metotlarda farklı çizicilerin kullanıldığı görülmekle beraber, çoğunlukla metal çiziciler tercih edilmektedir. Çizme işlemi iki şekilde yapılmaktadır. Ya çizici sabit, panel hareketli

veya panel sabit çizici hareketli olabilir. Her ikisinde de çizme işlemi belirli bir uzunluğa kadar devam ettirilir. Ağırlıklı yüzey çizilme testlerini gerçekleştiren cihazlarda, çizme çizilme sırasındaki gerilim-gerinim değerlerinin, ağırlık miktarına göre kayıtları ve yüzeydeki mikroskobik gözlem sonuçları ile polimerim kaplamaların çizilme dirençleri belirlenmektedir (Tunçgenç 2004).

Bu testlerinin en yaygınını “Kalem Sertliği Testleri” oluşturur. Sertleşmiş vernik katmanı; artan sertliklerde standart kalemlerle yüzeye 30°-45° açı yapacak şekilde tutularak itilmek suretiyle çizilmeye çalışılır; zig zag boyları en az 6.5 mm olmalıdır (Sönmez, 1989). Standart kalem sertlikleri yumuşaktan sert olanına doğru Şekil 1.22’de gibi sıralanır. Katmanı ilk çizen kalemde bir kademe daha yumuşak olan kalemin kodu katmanın kalem sertliği olarak belirtilir (TS 7385).



Şekil 1.22. Standart kalem sertlikleri yumuşaktan sert olana doğru sıralanması.

1.8.2. Sert Bir Maddenin Batmasına Karşı Direnç Esasına Dayalı Sertlik Testleri

Bu sertlik testlerinde, organik kaplamaya göre çok daha sert bir ucun, kontrollü bir kuvvet kullanılarak katman içine doğru itilmesi karşısında, yüzey işlemi sisteminin hangi noktaya kadar direnebildiği ölçülür. Bu seride yer alan testlerin, organik kaplama katmanlarına göre çok daha kalın polimerik malzemelerin sertliklerinin ölçülmesinde kullanılmaları daha yaygındır. Kare prizma şeklindeki ucun, katman içine 1 dakika sonra ne kadar battığının bulunması esasına göre genellikle oto lastik üretimlerinde kullanılır. Kaplama sektöründe de kullanılan testler arasındaysa; Buchholz sertlik testi (DIN 53 153 - TS 6037 - EN ISO 2815), Tukon veya Knoop sertlik testi ve Fischer

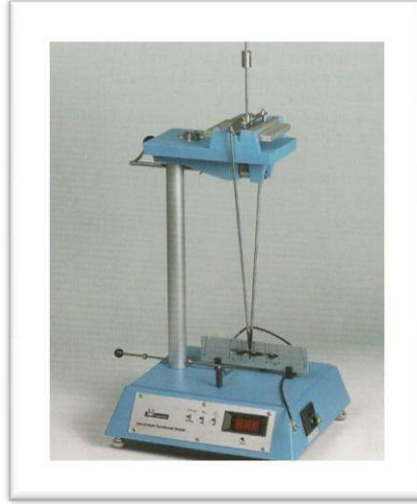
Mikro-Batma (micro indentation) testi sayılabilir. Üç test de uçların katmana batması için güç uygulanarak gerçekleştirilir. İçlerinde en yaygın kullanılanı olan Buchholz testinde yüzey işleme katmanı üzerinde yürütülen keskin kenarlı tekerleğin, üzerindeki ağırlığın etkisiyle katmanda açtığı V kesitli oyuğun derinliği ölçülerek katman sertliği belirlenir (Tunçgenç 2004).

1.8.3. Periyodik Deformasyon Karsısında Yorulma Direnci Esasına Dayalı Sertlik Testleri

Bu yaklaşımın nasıl çalıştığını daha iyi anlatmak için, Avrupa’da ve ülkemizde en yaygın uygulanan test olan “Sarkaç Sertliği Testi” veya “Sarkaç Sönümlleme Testi”ni açıklamak uygun olacaktır. Sarkaç Sertliği Testi’nde, yarı küre biçimli iki temas noktası aracılığıyla yüzey işleme sistemi katmanının üst yüzeyine temas eden bir sarkaç, belli bir genişlikten başlayarak salınmaya baslar. Yarı küre biçimli çelik toplar, sarkacın hareketine bağlı olarak konum değiştirir ve sarkacın salınım periyodu dolunca tekrar aynı basma noktasına dönerler (Tunçgenç 2004).

İkinci Yüzey işleme katmanı, kendi esnekliği ölçüsünde çelik topu iter. Katmanın, çelik topun etkisini aynı ölçüde esnek bir tepkiyle karşılayamamasına bağlı olarak sarkacın salınım genişliği giderek sönümlenir ve bir süre sonra sarkaç durur. Durma süresince sayılan salınım miktarı sertliği belirler. Avrupa’da yaygın olan sarkaç testlerinin yanı sıra, Kuzey Amerika’da da, aynı ilkeye göre çalışan Sward Rocker Testi yaygındır. Bu testte, hacı yatmaz adı verilen oyuncakları andıran, yüzey üzerinde periyodik salınımlar yapabilen küçük bir portatif aygıt kullanılır. Sward Rocker aygıtı, portatif olması nedeniyle laboratuvar dışında da kullanılabilme pratikliğine sahiptir (Tunçgenç 2004).

Sarkaç kütlesi ve topların büyüklükleri açısından iki ayrı sarkaç testi yaygın olarak kullanılmakta olup, kullanılan pandülün türüne göre salınım başlangıç ve durma noktaları farklılık gösterir. Bunlar Köning sarkacı 6° den 3° ye ve Persoz sarkacı 12° den 4° ye kadar olan salınımlar sayılarak yapılan testlerdir. Şekil 1.23’de pandüllü sertlik ölçme cihazı gösterilmektedir (ASTM D 4366; ISO 1522).

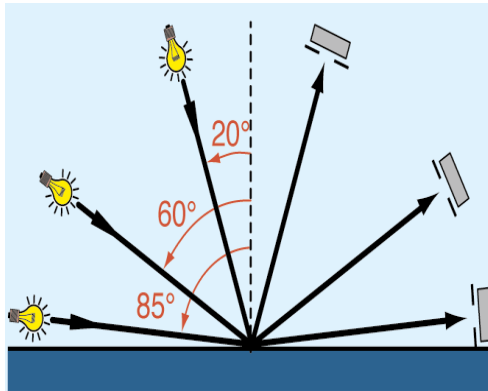


Şekil 1.23. Pandüllü sertlik ölçme cihazı (BYK Gardner).

1.9. PARLAKLIK KAVRAMI

Günlük dilde parlaklık kavramı; gelen ışığın ne oranda, aynı açıyla yansıdığı ölçüsüdür. Dolayısıyla, yüzeyin yansıtmayı ne oranda yaptığını belirlemek için “parlaklık ölçer (glossmetre)” adı verilen cihazlar kullanılır. Şekil 1.24’de parlaklık ölçme işlemi, yaygın olarak 20°’de, 60°’de ve 85°’de ışık ışınları göndermek ve aynı derecelerde dönen ışık yoğunluk oranını ölçmek biçiminde yapılır (Tunçgenç 2004).

Şekil 1.24. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60° de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri.



Ön Ölçüm Açısı	Bulunan Parlaklık Değeri(%)	Asıl Ölçüm Açısı
60°	10°’den küçükse	85°
60°	0 – 70 arasındaysa	60°
60°	70°’ten büyükse	20°

60°’de yapılan parlaklık ölçümlerine göre yüzeylerin mat, yarı mat, yarı parlak, parlak ve çok parlak gibi sınıflara sokulmaları yaygın bir alışkanlıktır. Öte yandan, hangi parlaklık ölçüm sonuçlarına göre, vernikli yüzeyin hangi parlaklık sınıfına sokulması gerektiği konusunda da, genel bir görüş birliğinden ya da bir standarttan söz edilmektedir. Yine de aşağıdaki tanımların, ülkemizde genel kabul gören

sınıflandırmaları, büyük bir hata olmaksızın yansıttığı söylenebilir. Parlaklık ölçüm sonuçları, Çizelge 1.6’de belirtilen aralıkların dışında kalan yüzey işlemi sisteminin, aşağıda anılan sınıfların arasında kaldıklarının belirtilmesi uygun olur (Tunçgenç 2004).

Çizelge 1.6. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması (Tunçgenç 2004).

60°’DE ÖLÇÜLEN PARLAKLIK	PARLAKLIK SINIFI
20’nin altı	Mat
25-30	Yarı Mat
35-45	İpek Mat
55-65	Yarı Parlak
70-80	Parlak
80’in üzeri	Çok Parlak

1.10. LİTERATÜR ÖZETİ

Sehlstedt – Persson (2003), 60 – 95⁰C’ sıcaklıkta ısıtılma maruz bıraktıkları sarıçam ve ladinin diri odunlarında meydana gelen renk değişimlerinin ana sebebi olarak, bu malzemelerin ekstraktiflerdeki bileşiklerden kaynaklandığı, ısıtılma işleminin diri odun ve ekstraktiflerde renk değişikliği yaptığını, renk değişiminin zaman ve sıcaklıkla arttığını ifade etmişlerdir.

110⁰C – 180⁰C sıcaklıklarda ısıtılma uygulanmış kayın ve çam diri odunu örneklerinin renk bozulmalarını değerlendirmek için spektrofometre ile spektral yansıma eğrileri kaydedilmiş, ısıtılma işlem süresine ilaveten, ısıtılma sıcaklığının da örnek renginin koyulaşması gibi yansımadaki azalma üzerinde fark edilir derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Yansımadaki azalma genellikle çam diri odununa göre kayın odununda dikkate değer oranda daha fazla olduğu ifade edilmiştir (Schnieder 1973).

Yıldız (2002), araştırmasında ısıtılma işlem görmüş Kayın ve Doğu Ladini odunlarını atmosferik şartlarda 2, 6 ve 10 saat 130, 150, 180, 200⁰C’de ısıtmıştır. Sonuçta fiziksel özelliklerden, boyutsal stabilizasyonda, ısıtılma işleminin memnuniyet verici olduğunu bildirmiştir. Ayrıca mekanik ve teknolojik özellik değerlerinin genellikle maruz olduğu şartlar ve sıcaklığın artırılmasıyla bir düşüşe neden olduğu; kimyasal özelliklerde ise, ısıtılma işlem süresince en çok holoselülozların bozulduğunu belirtmiştir.

Ünsal ve diğ. (2003), ısıtılma işlem görmüş okaliptüs odununun renk, fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin üzerine etkilerini belirlemiştir. ısıtılma işlem uygulanmış okaliptüs örneklerine şişme, sertlik, fırın kurusu ağırlık ve örneklerin renk değişimi muamele edilmemiş örneklerle karşılaştırılması sonucu ısıtılma işlem ile odun örneklerinin renkleri koyulaşırken, ısıtılma işlem sıcaklığı ve şartları artırıldıkça şişme, yoğunluk ve sertlikte düşme meydana geldiği ifade edilmiştir.

Atar (1999), Doğu kayını, sarıçam, kestane ve sapsız meşe odunu örneklerine bazı kimyasal maddelerle renk açma işlemi uygulandıktan sonra su bazlı ve sentetik verniklerin liflere dik ve paralel yönde yapmış olduğu renk ve parlaklık etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak; en yüksek parlaklık değeri sarıçamda (61,05), en düşük kestane (50,07); sarı renk değişimi en yüksek kestane (24,14), en düşük doğu kayını (16,65) elde edildiğini bildirmiştir.

Sundqvist (2002) yaptığı çalışmada; doğu ladini, sarıçam ve huş odununa 65–95 °C sıcaklıkta 0–6 saat arasında ısıtıl işlem uygulaması sonucunda, 65–80°C’de ısıtıl işlem uygulanmış çam odunu kırmızı-sarı renkte, süre geçtikçe hem öz hem de diri odun sarı-kırmızımsı renk almakta ve renk homojenliği huş diri odununda, çam ve ladine göre daha az ve genellikle homojenlik ısıtıl işlem zamanı arttıkça düştüğünü belirtmiştir.

Yarı-geçirgen ve film oluşturan yüzey koruyucular ısıtıl işlem görmüş Ladin örneklerinde kötü bir performans göstermiştir. Buna karşın ısıtıl işlem görmüş kayının performansı ise sınırlı ölçüde artırmıştır. Odunun renk değişimi ışık maruzu ve yumuşak bir ısıtıl işleme maruz bırakılmış ve renk değişimi yansıtılan ışığın dalga boyuna bağlı olarak değişmiş ve yansıtılan ışık altında odunun, yüksek rutubetli şartlar altında muamelesi renk değişimini ciddi olarak yükselttiği ifade edilmiştir (Feist and Sell 1987).

Isı etkisi ile odunun renginin koyulaştığı ve karakteristik bir koku kazandığı ifade edilmektedir. Azot (nitrojen) ortamında ısı ile muamele edildiğinde ise renk vermesi oksijen atmosferindeki kadar keskin (belirgin) olmadığı belirtilmektedir. Ayrıca renk değişmesi işlem türüne ve özellikle işlemde uygulanan sıcaklık ve işlem süresine bağlı olduğu, elde edilen renk tonunun ultraviyole (güneş ışını) ışınlarına karşı stabil olmadığı bildirilmektedir (Kantay 2007).

Doğu kayını, meşe, sarıçam ve dişbudak odunlarına renk açma işlemi yapılmış daha sonra verniklenmiştir. NaOH + H₂O₂, NaOH + Ca(OH)₂ + H₂O₂ çözeltilerinin kuvvetli, hidroklorik ve hipoklorit asit çözeltilerinin zayıf renk açıcı oldukları, sentetik ve akrilik verniklerin açık, poliüretan ve asit katalizörlü verniklerin ise daha koyu renk verdikleri bildirilmiştir (Uysal ve diğ. 1999).

Plato ısıtıl işlem metodunun ilk aşamasında paslanmaz çelik bir reaktör içinde, kereste süper atmosferik basınçta sulu bir ortamda 150°C – 180°C’ye kadar ısıtıldıktan (Hidrotermoliz) sonra holoselüloz bileşiğinden kinon ve karamelizasyon oluşumu ve ısıtıl işlem sıcaklığının yükselmesi ile birlikte odunun açık renginin koyulaştığını ifade edilmiştir (Boonstra 2008).

Odunun sertliği ısıtıl işlem ile düştüğü, sertlik kaybı işlemin entansitesine bağlı olduğu ve işlem ne kadar yoğun (entansif) olursa sertlik kaybı o kadar fazla olduğu bildirilmiştir. Hafif (yumuşak) işlem uygulanması halinde aynı zamanda vuku bulan denge

rutubetindeki küçülme nedeniyle sertlik kaybı önemsiz olduğu, kısmen eksilen odun rutubeti nedeniyle sertlikte hafif bir yükselme bile meydana geldiği belirtilmiştir (Kantay 2007).

Ağaç malzeme ısıtılma işlemine maruz bırakıldığında, oluşan hidroliz reaksiyonu, asidik olan hemiselülozlardan asidik asit oluşumunu tetiklediği ve açığa çıkan asit, çözülebilir şekerler için hemiselülozun hidrolizinde bir katalizör görevi gördüğü ifade edilmektedir. Sıcaklık etkisi ile karamelize olan şeker odun rengini etkileyerek kahverengi bir renk oluşumuna sebep olduğu bildirilmekte, ısıtılma işleminde sıcaklığın yükselmesi ile hemiselülozun bozunması hızlanırken, renk daha koyu bir yapıya kavuştuğu belirtilmektedir. Isıtılma işlemi uygulanmış sarıçam üzerinde yapılan brinell sertlik ölçümü, ısıtılmanın malzeme üzerindeki sertlik değerinde kayda değer bir artışa neden olmadığı ifade edilmektedir (Forsman 2008).

Johansson (2005)'de yaptığı bir çalışmada, ısıtılmalı ağaç malzemenin insan gözünde homojen olarak algılandığı ve bunun nedeni olarakta, doğal odunun düzensiz ve heterojen bir renk yapısına sahip olduğundan, ısıtılmalı ağaç malzemenin rengi, insan gözünde daha homojen olarak yorumlandığını ifade etmektedir.

Isıtılma işlemi sonucunda, sarıçamın sertlik değerinde %28'lik bir düşüş meydana gelirken, ladinde herhangi bir sertlik kaybı olmadığı, fakat geniş yapraklı ağaç türlerinden kayın ve dişbudakta %19 - %30 oranında sertlik kayıplarına neden olduğu ifade edilmiştir (Scheiding et. al. 2005).

Kirsi ve diğ. (2005) huş (*Betula pendula Roth*) odununa asidik H_2O_2 uygulayarak renk açma işlemi yapmışlar, H_2O_2 'nin malzemenin ışıklılık değerinin artmasına, kırmızı renk değerinin azalmasına ve sarı renk değerinin zamanla artmasına neden olduğu belirtmişlerdir.

Sarıçam (*Pinus Sylvestris* Lipsky) odununda dış ortam şartları ve dış ortam sonrası uygulanan renk açma işleminin yüzey sertlik liflere paralel ve dik parlaklığa etkilerini, belirlemek amacı ile örnekler 12 ay dış ortam şartlarında bırakıldıktan sonra %18'lik $NaOH+H_2O_2$, $NaSiO_3+H_2O_2$ çözelti grupları ile renk açma işlemi yapılmıştır. Bu yapılan işlemler sonucunda, dış ortam şartlarının ağaç malzeme sertlik, liflere paralel ve dik parlaklık değerini azaltıcı, dış ortam sonrası uygulanan renk açma işlemi ise artırıcı etki yaptığı belirtilmiştir (Budakçı ve Atar 2001).

Johansson (2008) huş odununa 175⁰C ve 200⁰C sıcaklıkta ve farklı zaman periyotlarında (2, 4, 6, 8, 10 saat) uyguladığı ısıtım işlem sonrasında malzemenin ışıklılık değeri 80-85'den 40-65 değerlerine kadar düştüğünü ifade etmiştir.

Gonzalez-Pena ve Hale, (2009) yaptıkları çalışmada, kayın, çam ve ladin odunlarını 190⁰C, 210⁰C, 230⁰C ve 245⁰C sıcaklarda ve farklı zaman periyotlarında ısıtım işlemine maruz bıraktıktan sonra kırmızı ve sarı renk değerlerinde artış, ışıklılık değeri azalma gözlemlenmiştir. Maksimum sarı renk değeri, kayında 18-22, çamda 26-28 ve ladinde 25-26 olarak bulunmuştur. Isıtım işlem sıcaklığının yükselirken odun daha kırmızı ve daha sarı renk tonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Huş ağacına farklı zaman periyotlarında (1, 2.5, 4 saat) 160-180-200⁰C sıcaklıkta yapılan ısıtım işlem sonucu odunda meydana gelen asidik ve formik asitten oluşan benzyol ester oluşumunun, malzemenin brinell sertlik değeri etkisinde, ısıtım işlem sıcaklığı ve süre bağımlı olarak sertlik değeri azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Isıtım işlem sonucu malzemelerin kırmızı renk ve renk doygunluğu yükseldikçe, renk açısı ve renk kromasının düşmesine sebep olduğu ve bu durumun yoğunlaşmış ikincil ürünlerin oluşumu ve/veya bozunma sonucu açığa çıkan quinone ve quinonemethide maddelerinin sebep olabileceği vurgulanmıştır. Renk verme maddeleri olarak bilinen bu reaktif bileşikler ligninde bulunan α - ve β -arylether bağlarının kopması ve hemiselülozun bozunması ile açığa çıktığı ifade edilmiştir (Sundqvist ve diğ. 2006).

Sarıçam, doğu kayını ve sapsız meşeden hazırlanan % 8 ve % 12 rutubet miktarındaki deney örneklerine sentetik (yat verniği), poliüretan ve su bazlı vernikler uygulanmış. Daha sonra 25, 50, 75 ve 100 günlük sürede, 25 °C, 50 °C, 75 °C ve 100°C sıcaklık şartlarında termal yaşlandırma işlemi uygulanması ile vernik katmanlarındaki sertlik değişimlerinin incelenmesi sonucunda, % 8 rutubette poliüretan vernikle hazırlanan deney örnekleri en başarılı sonuçları verdiği bildirilmiştir (Sönmez ve diğ. 2011).

Malzemeye uygulanan sıcaklık ve sürenin daha yüksek olması, ışıklılık değeri azalmasına neden olduğu bildirilmektedir. Isıtım işlemin başlangıç safasında (0-1 arasında saat) ışıklılık değeri hızlı bir azalışın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, ışıklılık değeri en çok azalma, oldukça düşük sıcaklıkta ve kısa zaman periyodunda

gerçekleştiği tespit edilmiştir. 160⁰C ve 180⁰C sıcaklıkta ışıklılık değerindeki azalış, 180⁰C ve 200⁰C sıcaklıktan daha fazla olduğu bildirilmiştir (Sundqvist 2004).

Sarıçam, doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ve meşe (*Qercus petraea* L.) yüzeylerine tek ve iki bileşenli su bazlı vernikler, farklı uygulama metodları ile (fırça, sünger rulo ve püskürtme tabancası) uygulanması sonucunda, su bazlı verniklerin ağaç malzemenin bünyesindeki yan bileşikler etkileyerek renginde değişiklik meydana getirdiği ifade edilmiştir (Budakçı ve diğ. 2009a).

Kayın ve ladin malzemeleri 180⁰C sıcaklıkta 10 saat süre ile ısıtılma maruz bıraktıktan sonra kayın malzemenin sertlik değeri, enine kesitte %25.9, radyal kesitte %45.1 ve teğet kesitte %41.8'lik bir düşüş gözlenmiştir. Ladinin sertlik değeri enine kesitte %19.7, radial kesitte %43.0 ve teğet kesim kısmında %42.5'lik bir düşüş sebep olduğu bildirilmiştir (Korkut 2008).

12 ay dış ortam şartlarında bırakılan sarıçam örnekleri, %18'lik NaOH+H₂O₂, NaSiO₃+H₂O₂ ve Ca(OH)₂+H₂O₂ çözelti grupları ile renk açma işlemi yapılmış, ve tekrar 12 ay açık hava şartlarına maruz bırakılması sonucunda, dış ortam şartları örneklerin renklerinde farklılaşmaya sebep olurken, çözelti grupları bu olumsuz etkiyi gidermiş ve doğal kontrol örneklerindeki renk değerlerine yakın sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Ancak renk açma işlemi yapıldıktan sonra tekrar 12 ay açık hava iklim şartlarına maruz bırakılmış örneklerin renginde, doğal olarak 12 ay açık hava iklim şartlarına maruz bırakılmış örneklerden daha fazla bozunma olduğu bildirilmiştir (Budakçı 2006).

Sarıçam ve Doğu kayını odunlarından elde edilmiş deneme panelleri %8, %10 ve %12 rutubet miktarına getirilmiş, yüzeylerine tek bileşenli yarı mat ve iki bileşenli parlak su bazlı vernikler uygulanması ile verniklerin sertlik, parlaklık değerleri ve yüzeye yapışma direncine etkilerinin belirlenmesi sonucunda, ağaç malzemenin rutubet miktarındaki farklılaşmanın su bazlı verniklerin katman performansını olumsuz yönde etkilediği, en iyi sonuçların %8 ile %10 rutubet miktarlarında elde edildiği ifade edilmiştir (Sönmez ve diğ. 2011).

Sarıçam, kayın ve kestaneden hazırlanmış deney örneklerine, farklı miktarlarda (%10, %20, %30) %5'lik borik asitle modifiye edilmiş su bazlı vernik uygulanmış. Daha sonra vernikli ve verniksiz yüzeylerdeki sertlik değerlerinin incelenmesi sonucunda, en fazla

sertlik değeri verniklenmemiş kayın da gözlendiği, su bazlı verniğin sertlik değeri ni düşürdüğü, ancak borik asit modifikasyonun sertlik değeri ni artırıcı etki yaptığı ifade edilmiştir (Budakçı ve diğ. 2009b).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. AĞAÇ MALZEME

Örneklerin hazırlanmasında Türkiye’de mobilya ve dekorasyon endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), Doğu kayını (*Fagus Orientalis L.*), Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana Mattf*) ve sapsız meşe (*Quercus Petraea L.*) tercih edilmiştir. Hava kurusu rutubetteki örnekler, tesadüfi seçilen 1. sınıf ağaç malzemedен, düzgün lifli, budaksız, çatlaksız renk ve yoğunluk farkı olmayan, yıllık halkaları yüzeylere dik gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından TS 2470’ esaslarına göre hazırlanmış, 18x110x350 mm boyutlarında ölçülendirilmiştir.

2.2. ISIL İŞLEM

Örnekler önce 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiş, daha sonra 140°C ve 160°C’lik sıcaklıklarda 3, 5 ve 7 saat süre ile ısıtılmış uygulanmıştır. Ardından 20 ± 2 °C sıcaklık, % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir.

2.3. RENK AÇMA İŞLEMİ

2.3.1. Renk Açma İşleminde Kullanılan Kimyasallar

2.3.1.1. Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

Saf hali şurup kıvamında renksizdir. Piyasada %33 veya %50’lik çözeltiler halinde bulunur. Kuvvetli oksijen yüklü olup perhidrol olarak da bilinir. Molekül ağırlığı 34,01 g/mol, erime noktası -26°C, kaynama noktası 107°C, %18’lik sulu çözeltisinin pH değeri 5,62, bir litredeki ağırlığı 1,12 kg’dır. 20°C’de istenilen oranda su ile karıştırılarak hazırlanabilir (Merck 114731).

2.3.1.2. Sodyum hidroksit ($NaOH$)

Sodyum hidroksit ($NaOH$), beyaz kristal halde olup, çözeltisi kuvvetli reaksiyon gösterir. 18°C sıcaklıkta %52 oranında çözünür ve bu esnada ısı verir. Çözünme ısısı

9,9 kcal/mol, erime noktası 322°C, yoğunluğu 1,2 g/cm³, %18'lik sulu çözeltisinin ph değeri 12,30'dur. Higroskopik bir madde olup suda ve alkolde kolay çözünür. Alkali etkisi ile odun rengini açıcı özelliğe sahiptir (Merck 106482).

2.3.1.3. Sodyum Silikat ($NaSiO_3$)

Silikat asitlerin sodyum tuzu ile karışımının kısmen kolloidal olan sudaki çözeltisine su camı denir. Sodyum silikat, ince toz haline getirilmiş kuvars' ın soda ile birlikte eritilmesiyle elde edilir. Suda çözünmesi kolaydır. 20°C de 1 litre suda 100 g çözünür. Piyasada genellikle sulu çözelti halinde bulunur ve alkasil olarak bilinir. %18'lik sulu çözeltisinin ph değeri 12,72'dir. Molekül ağırlığı 22,996 g/mol, erime noktası 1088°C ve 1 litre ağırlığı 1,37 kg dır Redüksiyona dayalı olarak odun rengini açıcı özelliktedir (Merck 105621).

2.3.1.4. Oksalik asit ($H_2C_2O_4$)

Renksiz prizmalar halinde olup iki mol kristal su ihtiva eder. 100 gr suda 20 °C' de 10,2 gr çözünür. Sudaki çözeltinin reaksiyonu kuvvetli asittir. Molekül ağırlığı 126,07 gr/mol, erime noktası 101 °C, kaynama noktası 150°C, yoğunluğu 1,653 gr/mol, %18'lik sulu çözeltisinin ph değeri 1,4 olup, orta derecede kuvvetli asit özelliğindedir (Merck 816144).

2.3.2. Renk Açma İşleminin Uygulanması

Renk açma işleminde dört ayrı kimyasal madde kullanılarak oluşturulan 3 farklı çözelti grubu Çizelge 2-1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2-1. Renk açmada kullanılan çözelti grupları.

Çözelti Grupları	Kimyasal Maddeler	Nötrleştirme Maddesi
I.Grup	NaOH + H ₂ O ₂	Distile Su
II.Grup	NaSiO ₃ + H ₂ O ₂	
III.Grup	H ₂ C ₂ O ₄	

Renk açmada kullanılacak kimyasal maddeler özelliklerine göre, ağırlıkça (M g) ya da hacimce (V ml) % 18' lik hazırlanmıştır (Demir, 1991). Bu maksatla,

Katı halde olanlar için;

$$Mg = \frac{Mç \cdot \%M/M}{\%S}$$

Mg : İstenilen çözeltinin miktarı (g)

$Mç$: Hazırlanması istenen çözeltinin miktarı

M/M : İstenen çözeltinin ağırlıkça yüzdesi

$\%S$: Kimyasal maddenin % safsızlık oranı

Sıvı halde olanlar için;

$$V_{ml} = \frac{Vç \cdot \%V/V}{\%S \cdot d}$$

V_{ml} : İstenen çözeltinin miktarı (ml)

$Vç$: Hazırlanması istenen çözeltinin miktarı

V/V : İstenen çözeltinin hacimce yüzdesi

d : Çözeltinin yoğunluğu

eşitlikleri kullanılmıştır.

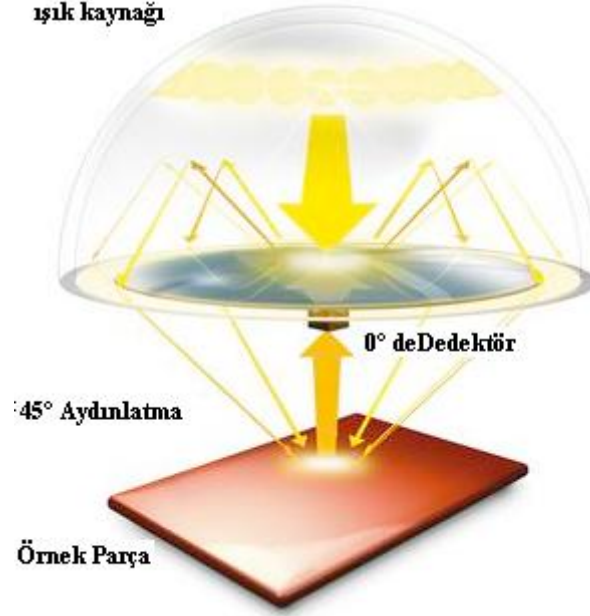
Hazırlanan çözeltiler, ısıtma işlemi uygulanmış deney örneklerine sünger ile önce liflere paralel sonra liflere dik ve tekrar liflere paralel yönde, 100 ± 10 ml / m² olarak tatbik edilmiştir. Çözeltiyi oluşturan maddeler ayrı ayrı sürülmüş, ilk sürülen maddenin etkisinin artması için 1 – 3 dakika bekledikten sonra ikinci çözelti uygulanmıştır.

Renk açma işlemi tamamlandıktan sonra etki derinliğini arttırmak için oda sıcaklığında 2 gün bekletildikten sonra disitile edilmiş su ile nötrleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işleminden sonra deney örneklerinin hava kurusu (%12) rutubete ulaşması sağlanmıştır. Deney ölçümleri yapılmadan önce yüzeyler hafifçe zımparalanmıştır.

2.4. RENK ÖLÇÜMÜ

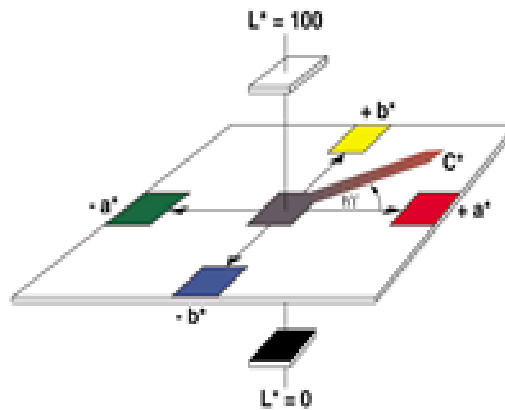
Renk değişimleri ASTM-D 2224-2' de belirtilen esaslara göre BYK – GARDNER SPEKTRO-GUIDE 45/0 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Standartta belirtilen $CIEL^*a^*b^*$ renk sistemine göre ölçüm yapabilen cihazın ölçme prensibi Şekil 2.1'de

gösterilmiştir Renk ölçümleri öncesinde cihaz, beyaz renge göre $a = -1,00 \pm 0,3$; $b = 0,58 \pm 0,3$; $L = 94,95 \pm 0,3$ olacak şekilde kalibre edilmiştir.



Şekil 2.1. BYK Gardner Spektro-guide 45/0 ölçüm prensibi.

$CIE L^*a^*b^*$ renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^* , a^* , b^* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$) ekseninde, a^* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b^* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır. $CIE L^*a^*b^*$ renk alanı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. $CIE L^*a^*b^*$ renk alanı.

Değişimin, rengin hangi tonunda etkili olduğunu belirlemek maksadıyla kırmızı renk tonu (+a*), sarı renk tonu (+b*) ve ısıklık değeri / renk parlaklığı (L*) değerleri birbirinden bağımsız olarak incelenmiş, ayrıca toplam renk değişimi (ΔE^*);

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

eşitliğinden yararlanılarak belirlenmiştir (Budakçı 2010).

2.5. SERTLİK

Deney örneklerinin yüzey sertlikleri, Şekil 2.3’de gösterilen sertlik ölçme cihazı (Shoremetre - D) ile ASTM D 2240’a uygun olarak belirlenmiştir. Deneylerde cihaz tablasına yerleştirilen örnek yüzeylerine Shoremetrenin ölçüm iğnesi batırılmakta, örneklerin gösterdiği direnç Shore D cinsinden cihaz göstergesinde kaydedilmektedir.



1. Deney Düzeneği
2. Sertlik Değeri Göstergesi
3. Cihaz Tablası
4. Sertlik Değeri Ölçüm İğnesi

Şekil 2.3. Sertlik ölçme cihazı (Shoremetre - D).

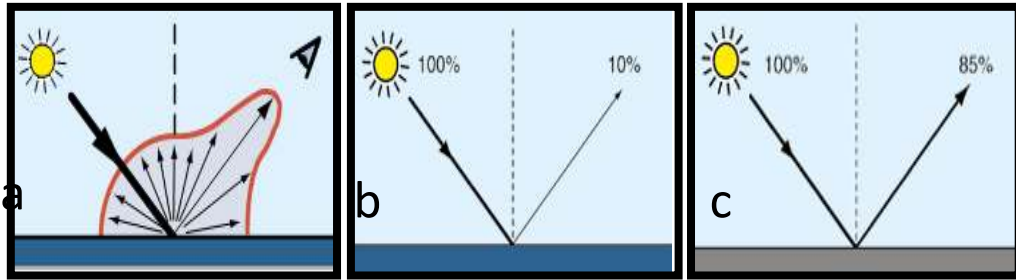
2.6. YÜZEY PARLAKLIĞININ BELİRLENMESİ

Denemelerde ısıtıl işlem uygulanmış deney numunelerinin üzerine renk açma işlemi gerçekleştirilerek ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılmış ve EN ISO 2813 esaslarına uyularak parlaklık ölçümleri, Şekil 2.4’de gösterilen BYK – GARDNER SPEKTRO-GUIDE 45/0 renk ve parlaklık ölçer ile yapılmıştır.



Şekil 2.4. BYK – GARDNER SPEKTRO-GUİDE 45/0 renk ve parlaklık ölçer cihazı.

Ölçüm prensibi, Şekil 2.5’de gösterilen 60° ’de gönderilen ışık huzmesi örnek parça yüzeylerine çarparak yansıma gerçekleştirmektedir. Örneğin bir parça yüzeyine gönderilen %100’lük ışık huzmesi %10 oranında bir yansıma gerçekleştirmesi durumunda, parça yüzeyinin mat bir görüntüye sahip olduğu, eğer yansıyan ışık miktarı %85 oranında ise parça yüzeyinin çok parlak bir yüzeye sahip olduğu fikrini vermektedir.



Şekil 2.5. a. Gönderilen ve algılanan ışık, **b.** %100 gönderilen ışık ve %10 yansıyan ışık, **c.** %100 gönderilen ışık ve %85 yansıyan ışık.

2.7. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İstatistiksel analiz sonuçları, kontrol örnekleri ile ısıtıl işlem uygulaması sonrasında rengi açılan örneklerin karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler için MSTATC istatistik paket programı kullanılmış, çoklu varyans analizi “ANOVA” testleri sonucunda, ağaç türü, çözelti grubu, ısıtıl işlem sıcaklığı, ısıtıl işlem süresi faktörlerinin, ağaç malzeme üzerindeki renk, sertlik ve parlaklık etkileri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri belirlenmiştir. Duncan testi ve LSD (en küçük önemli fark) kritik değerleri yardımıyla karşılaştırmalar yapılmış, farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığı sorgulanmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. RENK DEĞİŞİM DEĞERLERİ

3.1.1. Kırmızı Renk Değeri (+a)

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemine tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama kırmızı renk değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kırmızı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			**Kontrol
			3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	X _{max}	5.750	5.710	6.510	5.910	5.980	7.350	5.230
		$\bar{X}$	5.533	4.964	5.868	5.356	5.596	6.701	4.923
		X _{min}	5.320	4.390	5.460	4.970	5.240	6.330	4.750
		S	0.134	0.351	0.303	0.255	0.239	0.299	0.144
	Ç2	X _{max}	5.440	4.180	4.600	4.270	5.390	4.580	5.230
		$\bar{X}$	4.432	3.927	4.146	3.790	4.794	3.920	4.923
		X _{min}	3.850	3.410	3.820	3.300	4.450	3.310	4.750
		S	0.516	0.260	0.281	0.258	0.333	0.363	0.144
	Ç3	X _{max}	12.94	12.91	13.00	12.33	12.79	12.81	5.230
		$\bar{X}$	12.63	12.11	14.03	11.98	12.10	12.33	4.923
		X _{min}	12.23	10.98	12.21	11.30	9.89	12.02	4.750
		S	0.250	0.527	0.288	0.346	0.850	0.278	0.144
Gökmar	Ç1	X _{max}	4.700	5.450	4.200	3.360	5.610	4.280	6.820
		$\bar{X}$	4.226	4.905	4.046	3.159	5.133	4.104	6.479
		X _{min}	3.950	4.500	3.830	2.940	4.610	3.850	6.220
		S	0.273	0.295	0.125	0.115	0.332	0.147	0.166
	Ç2	X _{max}	4.100	4.540	4.140	2.420	4.420	4.590	6.820
		$\bar{X}$	3.864	4.032	3.456	2.121	3.616	4.240	6.479
		X _{min}	3.530	3.430	2.970	1.820	3.300	3.860	6.220
		S	0.214	0.381	0.291	0.198	0.348	0.228	0.166
	Ç3	X _{max}	12.91	15.16	13.59	12.76	14.47	13.71	6.820
		$\bar{X}$	11.93	14.17	13.31	11.88	13.73	13.35	6.479
		X _{min}	11.29	13.21	12.50	11.35	13.24	12.82	6.220
		S	0.455	0.595	0.332	0.457	0.377	0.249	0.166

Çizelge 3.1 (devam). Kırmızı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Kayın	Ç1	X_{max}	5.960	7.660	7.380	9.190	7.700	8.050	14.24
		$\bar{X}$	4.671	7.256	5.869	6.924	6.688	7.209	13.58
		X_{min}	3.510	5.940	4.910	4.460	5.550	5.470	12.38
		S	0.932	0.511	0.735	1.303	0.670	0.711	0.581
	Ç2	X_{max}	2.950	3.910	4.400	5.180	3.720	4.480	14.24
		$\bar{X}$	2.763	3.542	3.814	3.552	3.451	4.147	13.58
		X_{min}	2.390	3.130	3.510	2.580	2.620	3.790	12.38
		S	0.195	0.264	0.286	0.818	0.344	0.247	0.581
	Ç3	X_{max}	15.22	15.18	14.35	14.38	15.43	12.93	14.24
		$\bar{X}$	14.70	14.71	13.67	14.05	15.11	12.15	13.58
		X_{min}	14.03	14.33	13.01	13.44	14.93	11.72	12.38
		S	0.379	0.327	0.374	0.275	0.206	0.325	0.581
Meşe	Ç1	X_{max}	4.090	3.680	5.040	4.500	5.110	6.200	10.16
		$\bar{X}$	3.648	3.072	4.573	3.922	5.067	5.361	9.645
		X_{min}	3.310	2.510	4.310	3.390	4.830	5.010	9.310
		S	0.219	0.317	0.222	0.368	0.192	0.459	0.324
	Ç2	X_{max}	3.540	2.820	4.330	4.370	4.440	4.250	10.16
		$\bar{X}$	3.056	2.427	3.576	3.833	4.008	3.755	9.645
		X_{min}	2.200	1.980	2.830	3.120	3.220	3.190	9.310
		S	0.481	0.280	0.535	0.408	0.445	0.382	0.324
	Ç3	X_{max}	12.42	12.71	13.17	11.80	12.02	11.73	10.16
		$\bar{X}$	11.95	12.19	12.27	11.19	11.54	10.73	9.645
		X_{min}	11.61	11.70	11.78	10.63	10.95	9.650	9.310
		S	0.252	0.383	0.470	0.376	0.337	0.668	0.324

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi

** : Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Kırmızı renk değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kırmızı renk değerleri, ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P $\alpha=0.05$
Ağaç türü (A)	3	1117.087	372.362	2141.8316	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	8562.378	4281.189	24625.4391	0.0000
Etkileşim (AB)	6	140.528	23.421	134.7200	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	0.716	0.716	4.1211	0.0427
Etkileşim (AC)	3	7.245	2.415	13.8906	0.0000
Etkileşim (BC)	2	26.201	13.100	75.3538	0.0000
Etkileşim (ABC)	6	19.803	3.300	18.9845	0.0000
Isıl işlem süresi (D)	3	419.591	139.864	804.4976	0.0000
Etkileşim (AD)	9	1802.356	200.262	1151.9076	0.0000
Etkileşim (BD)	6	2875.579	479.263	2756.7265	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	105.378	5.854	33.6742	0.0000
Etkileşim (CD)	3	5.845	1.948	11.2069	0.0000
Etkileşim (ACD)	9	33.881	3.765	21.6539	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	14.357	2.393	13.7634	0.0000
Etkileşim (ABCD)	18	42.463	2.359	13.5693	0.0000
Hata	864	150.208	0.174		
Toplam	959	15323.617			

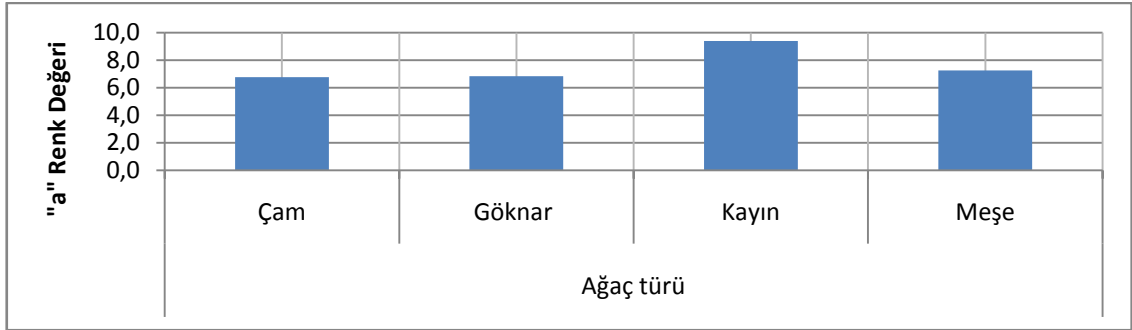
*: Anlamlı ($\alpha= 0,05$ 'e göre)

Varyans analiz sonucuna göre, A, B, C, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.3’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
6.765	C	6.839	C	9.406	A*	7.252	B
LSD $\pm$ 0.07474							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

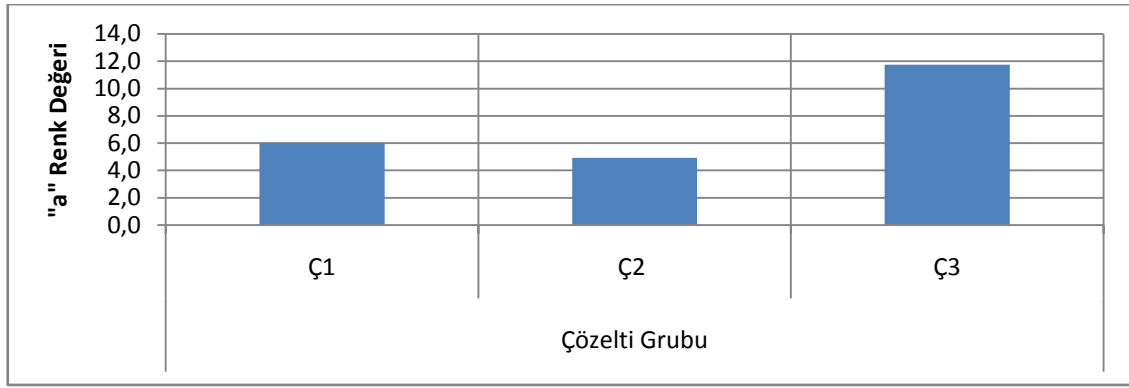
Ağaç türü düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek kayında, en düşük çamda tespit edilmiştir. Çam ve gökmar arasında fark gözlenmemiştir.

Çözelti grubu düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.4’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
6.034	B	4.922	C	11.74	A*
LSD $\pm$ 0.06472					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.2. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

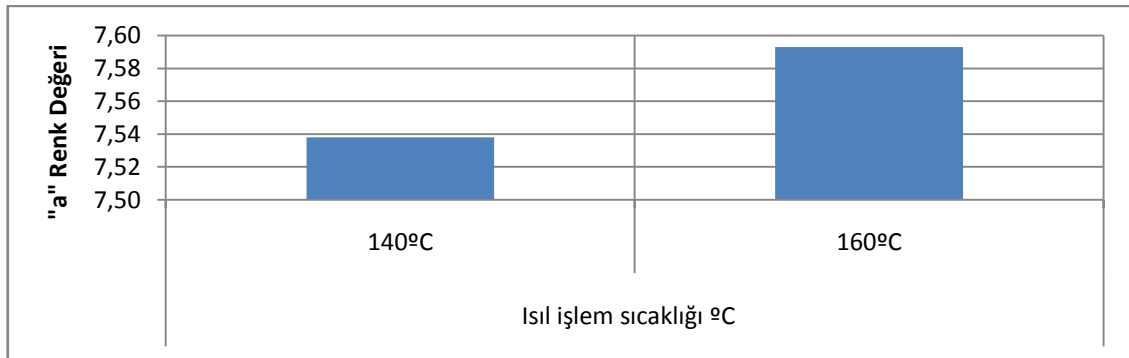
Çizelge 3.4'e göre çözelti grubu düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek Ç3 çözelti grubunda, en düşük Ç2 çözelti grubunda elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.5'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Isıl işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
7.538	B	7.593	A*
LSD $\pm$ 0.05285			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.3. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

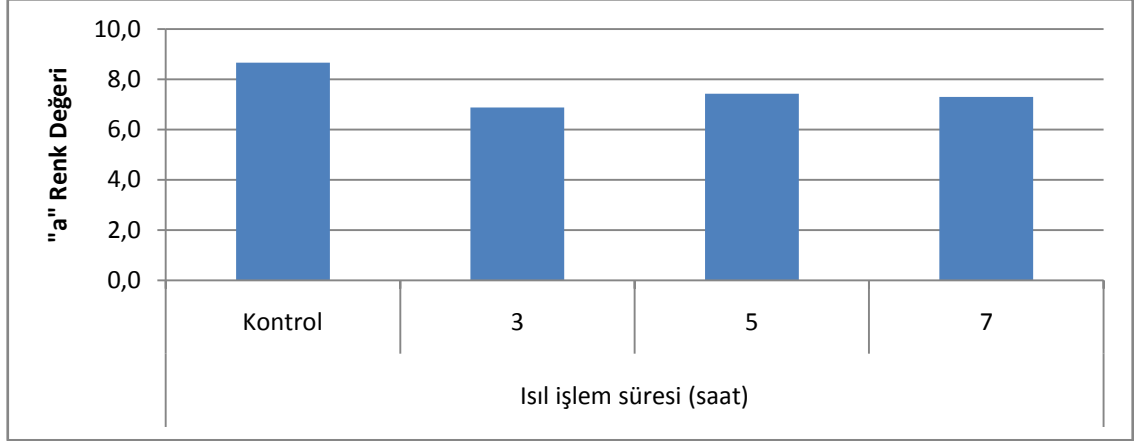
Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek 160°C'de, en düşük 140°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.6'da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
8.657	A*	6.881	D	7.423	B	7.302	C
LSD $\pm$ 0.07474							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.4. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre kırmızı renk değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 3 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir.

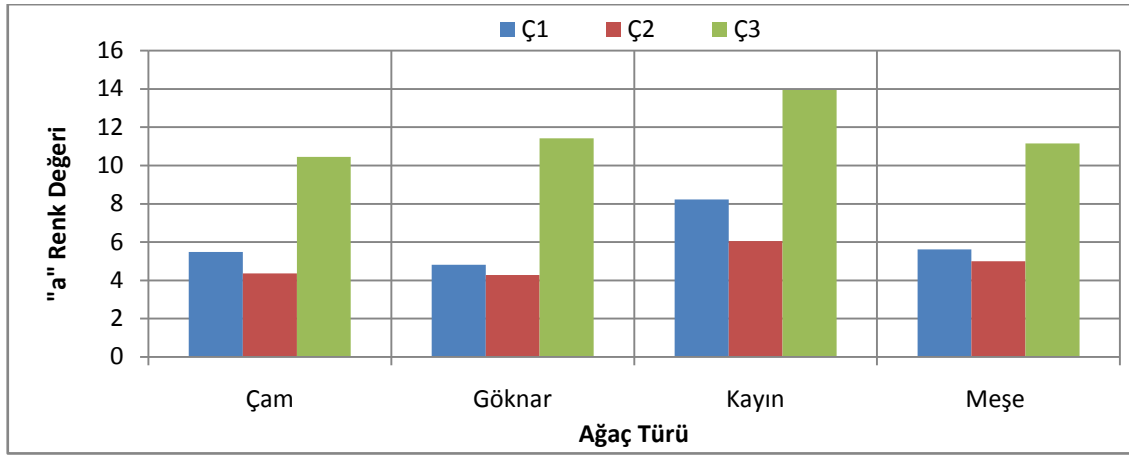
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3-7’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 5.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3-7. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	Ç1		Ç2		Ç3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	5.483	H	4.357	K	10.45	D
Gökmar	4.816	J	4.286	K	11.42	B
Kayın	8.222	E	6.053	F	13.94	A*
Meşe	5.617	G	4.993	I	11.15	C
LSD $\pm$ 0.1294						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.5. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan çam ve gökmarlarda elde edilmiştir.

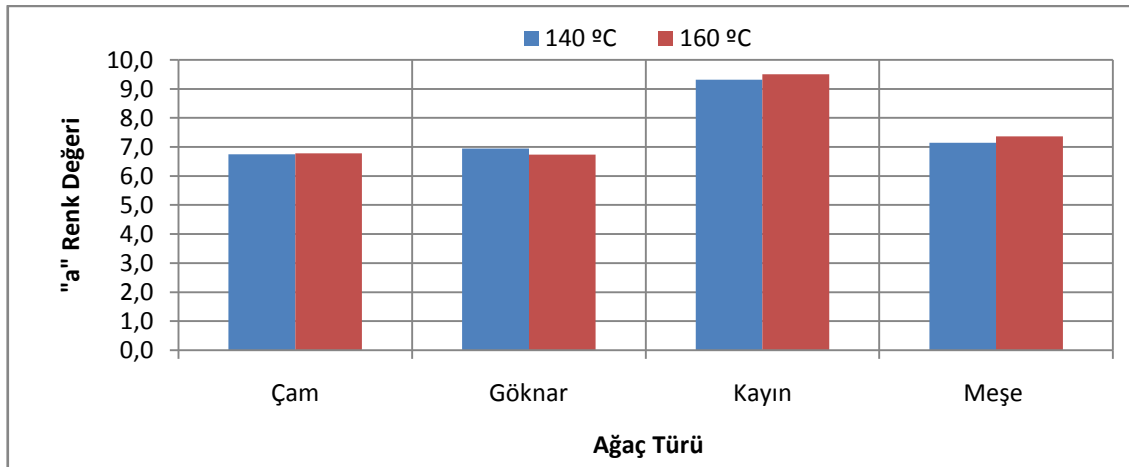
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	6.752	F	6.778	F
Gökmar	6.948	E	6.731	F
Kayın	9.311	B	9.501	A*
Meşe	7.142	D	7.362	C
LSD $\pm$ 0.1057				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.6. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek 160⁰C ısıtma sıcaklığı uygulanan kayında, en düşük 140⁰C ısıtma sıcaklığına maruz bırakılmış göknarda tespit edilmiştir.

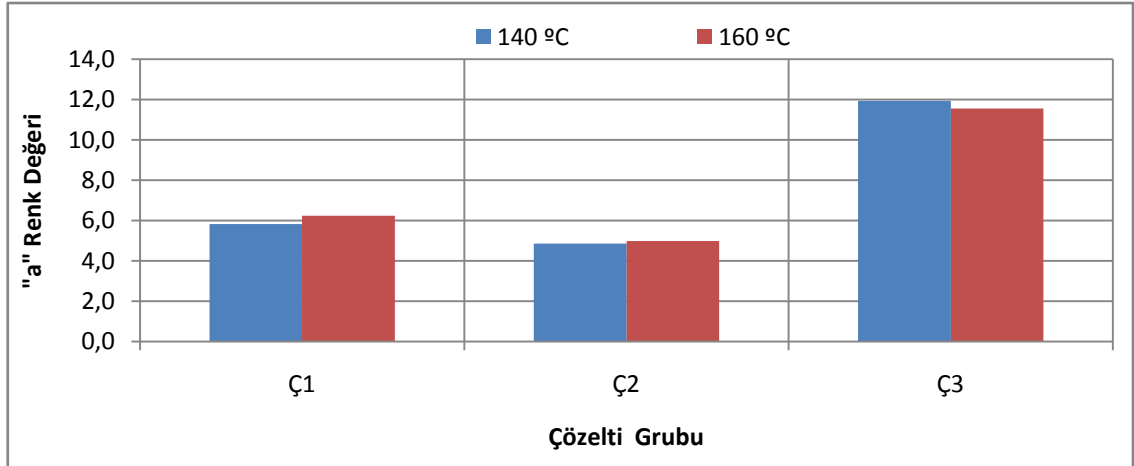
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.9’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	5.829	D	6.240	C
Ç2	4.854	F	4.991	E
Ç3	11.93	A*	11.55	B
LSD ± 0.09153				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.7. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek 140⁰C’de ısıtma işlemine maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 140⁰C’de ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.10’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.8’de gösterilmiştir.

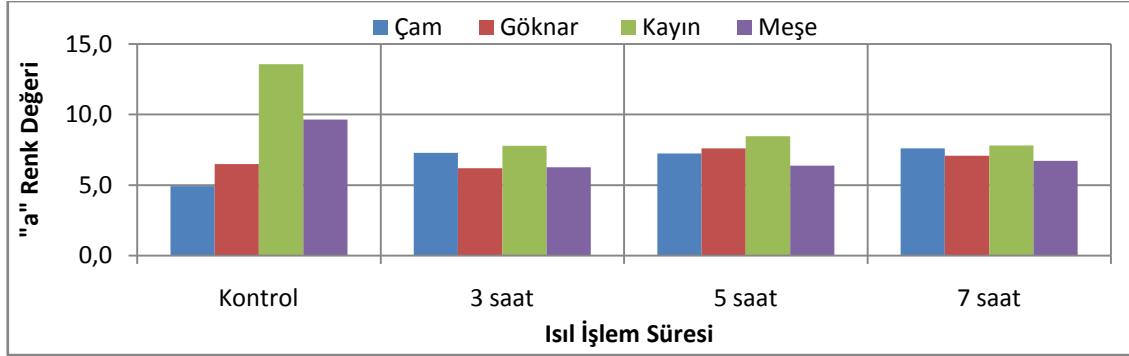
Çizelge 3.10. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	4.923	L	7.286	F	7.249	F	7.602	E
Gökmar	6.479	I	6.196	K	7.598	E	7.084	G
Kayın	13.58	A*	7.777	D	8.459	C	7.810	D
Meşe	9.645	B	6.266	JK	6.385	IJ	6.712	H

LSD $\pm$ 0.1495

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.8. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek kayın kontrol örneklerinde, en düşük kırmızı renk değeri çam kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.11’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.9’da gösterilmiştir.

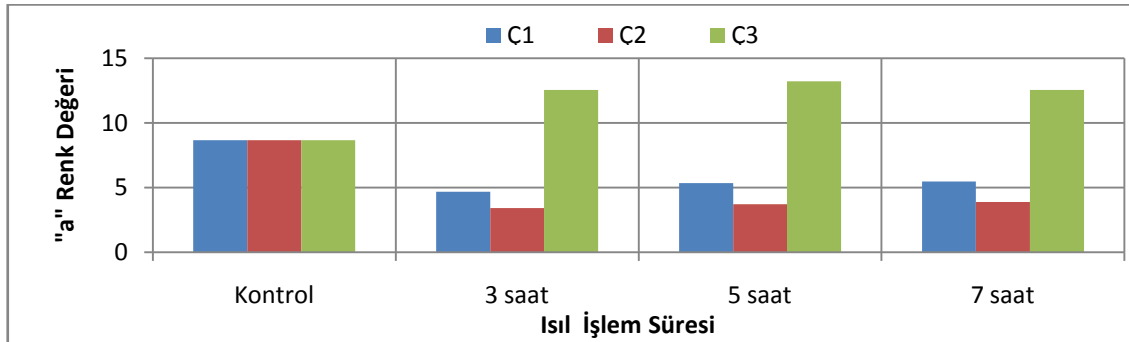
Çizelge 3.11. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	8.656	C	4.680	F	5.335	E	5.466	D
Ç2	8.656	C	3.426	I	3.725	H	3.882	G
Ç3	8.656	C	12.54	B	13.21	A*	12.56	B

LSD $\pm$ 0.1294

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.9. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek, 5 saat süre ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 3 saat süre ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.12’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

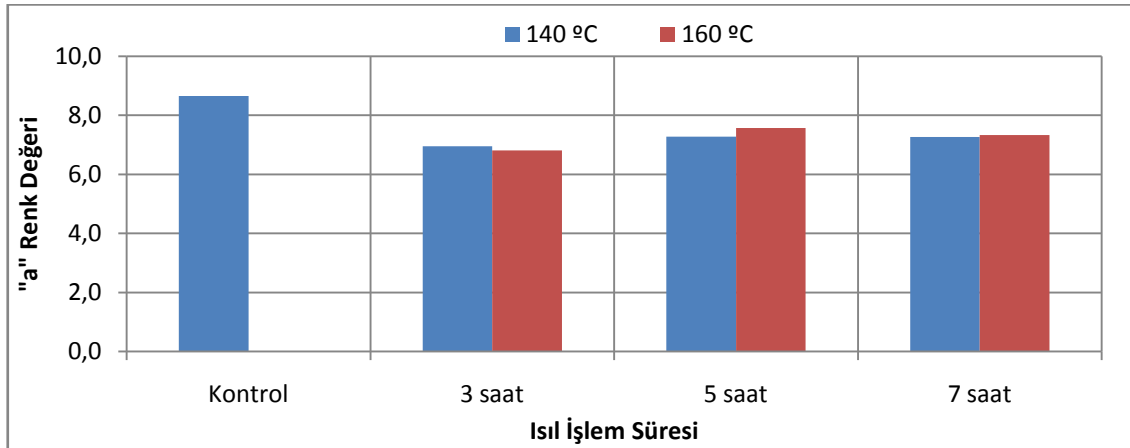
Çizelge 3.12. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	8.656	A	6.950	D	7.276	C	7.271	C
160 °C	8.656	A	6.812	E	7.569	B	7.333	C

LSD ±10.44

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.10. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, kırmızı renk değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 160°C’de 3 saat süre ile ısıtıl işleme tabi tutulan örneklerde elde edilmiştir.

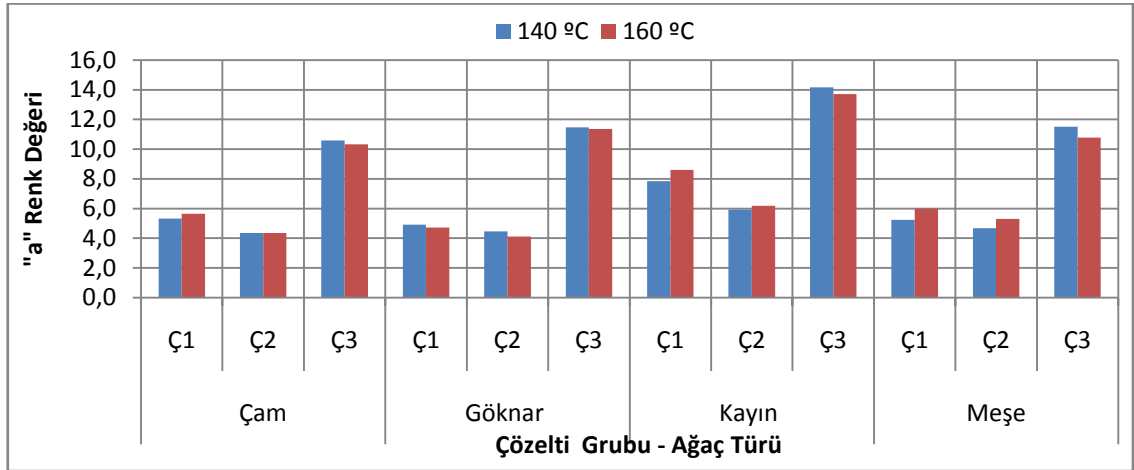
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.13’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	5,322	L	5,644	K
	Ç2	4,357	O	4,357	O
	Ç3	10,58	E	10,33	F
Göknar	Ç1	4,914	M	4,719	N
	Ç2	4,458	O	4,114	P
	Ç3	11,47	C	11,36	C
Kayın	Ç1	7,844	H	8,600	G
	Ç2	5,924	G	6,182	I
	Ç3	14,16	A	13,72	B
Meşe	Ç1	5,235	L	5,999	J
	Ç2	4,676	N	5,310	L
	Ç3	11,52	C	10,78	D
LSD $\pm$ 0.1831					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.11. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek 140°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 160°C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda tespit edilmiştir.

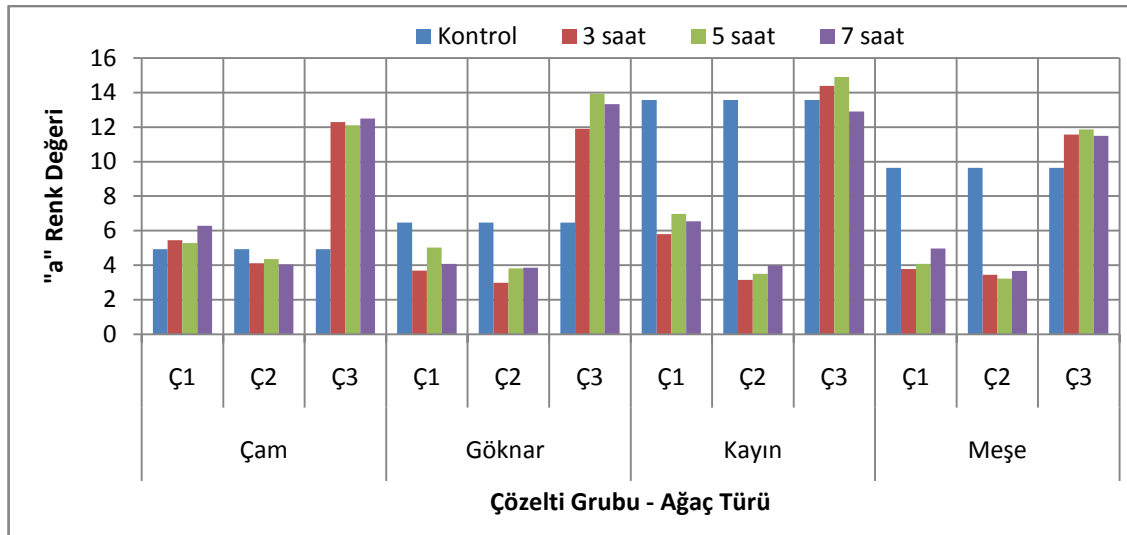
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.14’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	4.923	O	5.444	N	5.280	N	6.285	L
	Ç2	4.923	O	4.111	PQ	4.360	P	4.033	QR
	Ç3	4.923	O	12.30	FG	12.10	GH	12.49	F
Gökmar	Ç1	6.479	L	3.692	ST	5.019	O	4.075	QR
	Ç2	6.479	L	2.993	V	3.824	QRS	3.848	QRS
	Ç3	6.479	L	11.90	H	13.95	C	13.33	D
Kayın	Ç1	13.58	D	5.798	M	6.972	K	6.539	L
	Ç2	13.58	D	3.157	V	3.497	T	3.981	QR
	Ç3	13.58	D	14.38	B	14.91	A*	12.91	E
Meşe	Ç1	9.645	J	3.785	RS	4.070	QR	4.967	O
	Ç2	9.645	J	3.444	TU	3.217	UV	3.665	ST
	Ç3	9.645	J	11.57	I	11.87	H	11.50	I
LSD $\pm$ 0.2589									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

** A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.12. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek, 5 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 5 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan meşede elde edilmiştir.

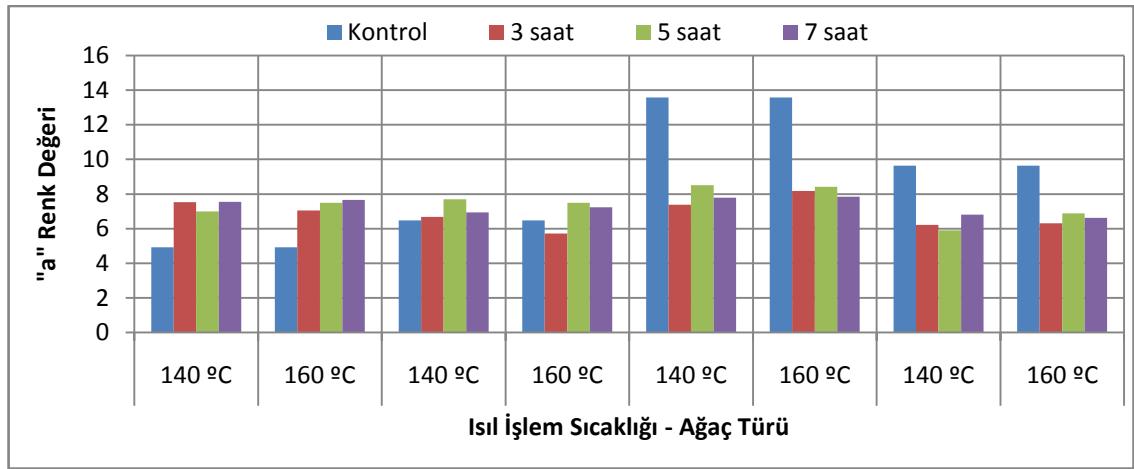
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.15’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	4.923	R	7.531	GH	7.000	K	7.555	FGH
	160 °C	4.923	R	7.040	JK	7.498	GH	7.650	EFG
Gökmar	140 °C	6.479	NO	6.674	LMN	7.703	EFG	6.937	K
	160 °C	6.479	NO	5.719	Q	7.493	GH	7.232	IJ
Kayın	140 °C	13.58	A	7.380	HI	8.502	C	7.784	EF
	160 °C	13.58	A	8.175	D	8.415	C	7.836	E
Meşe	140 °C	9.645	B	6.217	P	5.898	Q	6.808	KLM
	160 °C	9.645	B	6.315	OP	6.872	KL	6.616	MN
LSD ± 0.2114									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.13. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelge sonucuna göre, kırmızı renk değeri en yüksek kayın kontrol örneklerinde, en düşük çam kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

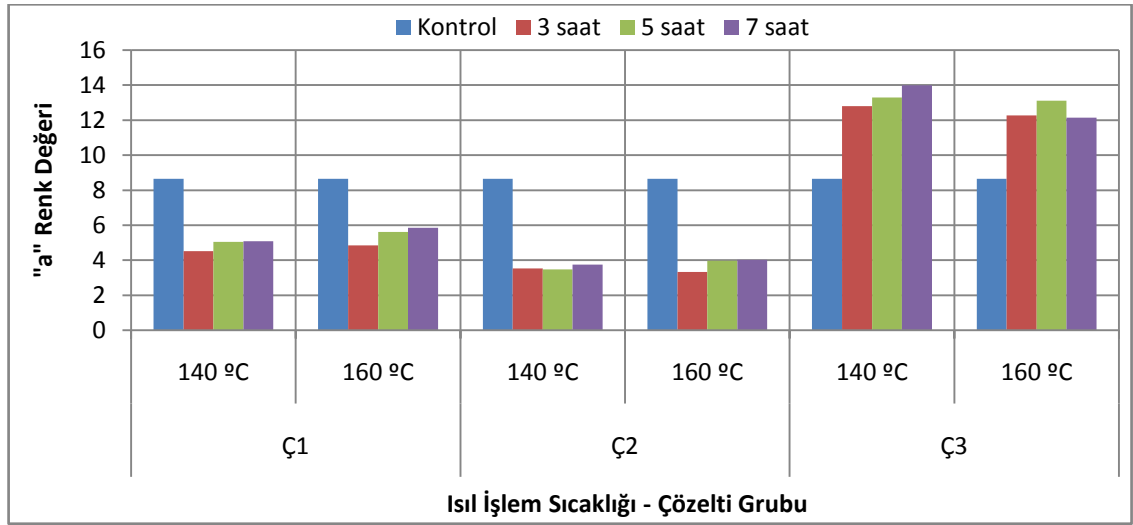
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.16'da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	8.656	E	4.520	J	5.049	H	5.089	H
	160 °C	8.656	E	4.840	I	5.621	G	5.844	F
Ç2	140 °C	8.656	E	3.529	M	3.482	MN	3.748	L
	160 °C	8.656	E	3.324	N	3.967	K	4.016	K
Ç3	140 °C	8.656	E	12.80	C	13.30	A*	13.98	BC
	160 °C	8.656	E	12.27	D	13.12	AB	12.14	D
LSD ± 0.1831									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

**B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.14. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek 140⁰C’de sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160⁰C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

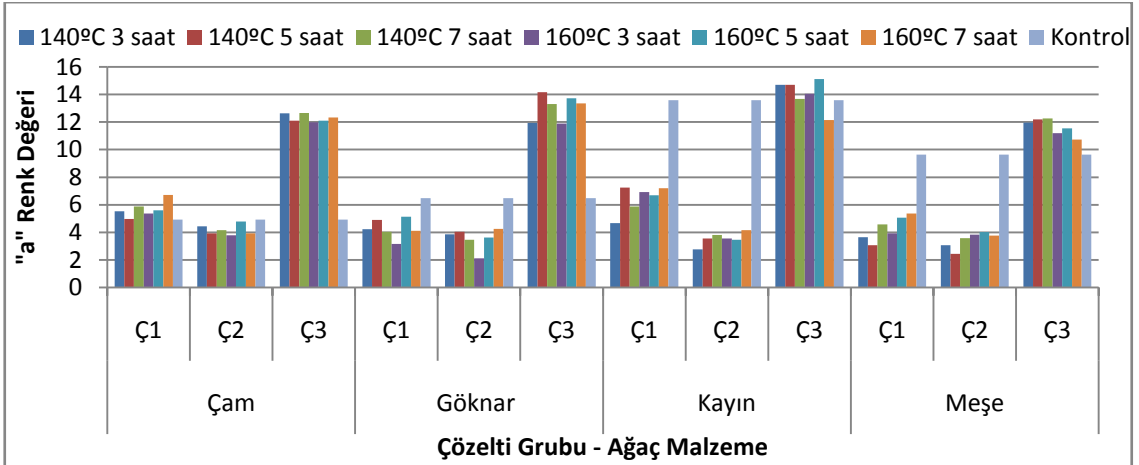
Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.17’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD**			140°C			160°C			**Kontrol
			3 saat	5 saat	7 saat	3 saat	5 saat	7 saat	
Çam	Ç1	$\bar{x}$	5.533	4.964	5.868	5.356	5.596	6.701	4.923
		HG	PQ	RSTU	P	QR	PQ	NO	STU
	Ç2	$\bar{x}$	4.432	3.927	4.146	3.790	4.794	3.920	4.923
		HG	VWX	YZ[\]^	XYZ[	Z[\]^	STUV	YZ[\]^	STU
	Ç3	$\bar{x}$	12.63	12.11	12.65	11.98	12.10	12.33	4.923
		HG	F	GH	F	GH	GH	FG	STU
Göknar	Ç1	$\bar{x}$	4.226	4.905	4.046	3.159	5.133	4.104	6.479
		HG	WXYZ	STU	XYZ[\	`ab	RS	XYZ[	O
	Ç2	$\bar{x}$	3.864	4.032	3.456	2.121	3.616	4.240	6.479
		HG	YZ[\]^	XYZ[\	_ ^a	d	\]^	WXY	O
	Ç3	$\bar{x}$	11.93	14.17	13.31	11.88	13.73	13.35	6.479
		HG	GH	C	E	HI	DE	E	O
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	4.671	7.256	5.869	6.924	6.688	7.209	13.58
		HG	TUV	M	P	MN	NO	M	E
	Ç2	$\bar{x}$	2.763	3.542	3.814	3.552	3.451	4.147	13.58
		HG	bc	^_`	YZ[\]^	^_`	_ ^a	XYZ[	E
	Ç3	$\bar{x}$	14.70	14.71	13.67	14.05	15.11	12.15	13.58
		HG	B	B	DE	CD	A*	GH	E
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	3.648	3.072	4.573	3.922	5.067	5.361	9.645
		HG	\]^	ab	UVW	YZ[\]^	RST	QR	L
	Ç2	$\bar{x}$	3.056	2.427	3.576	3.833	4.008	3.755	9.645
		HG	ab	cd	]^	Y-	XYZ[\]	[\]^	L
	Ç3	$\bar{x}$	11.95	12.19	12.27	11.19	11.54	10.73	9.645
		HG	GH	GH	FGH	J	IJ	K	L

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek kırmızı renk değerini ifade etmektedir.

** A: Ağaç türü. B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.15. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, kırmızı renk değeri en yüksek, 160°C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 160°C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda elde edilmiştir.

3.1.2. Sarı Renk Değeri (+b)

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama sertlik değerleri Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Sarı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			**Kontrol
			3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	X _{max}	30.85	30.25	30.72	29.14	28.54	30.39	24.19
		$\bar{X}$	29.15	28.24	28.94	27.74	27.69	28.86	23.14
		X _{min}	28.28	27.31	27.46	26.37	27.19	26.96	22.84
		S	0.710	0.860	0.980	0.850	0.440	1.140	0.380
	Ç2	X _{max}	26.30	26.56	27.13	25.77	23.84	26.40	24.19
		$\bar{X}$	26.84	24.13	24.71	24.51	23.09	24.66	23.14
		X _{min}	22.00	22.04	23.10	22.53	22.39	22.35	22.84
		S	1.340	1.630	1.320	1.070	0.530	1.370	0.380
	Ç3	X _{max}	26.54	27.30	27.11	26.21	26.12	26.24	24.19
		$\bar{X}$	26.22	26.05	26.50	25.57	24.73	25.18	23.14
		X _{min}	25.99	23.87	26.00	24.55	21.19	24.27	22.84
		S	0.180	0.960	0.340	0.540	1.460	0.590	0.380
Gökmar	Ç1	X _{max}	29.60	28.70	27.07	27.28	29.20	27.46	22.58
		$\bar{X}$	26.68	27.47	25.47	26.05	27.90	26.92	22.06
		X _{min}	25.12	26.39	24.32	24.62	26.98	26.19	21.54
		S	1.380	0.810	0.800	0.880	0.690	0.430	0.380
	Ç2	X _{max}	20.33	21.17	23.24	26.40	24.02	22.74	22.58
		$\bar{X}$	18.30	19.96	21.76	23.62	22.95	21.47	22.06
		X _{min}	16.67	18.77	19.47	20.85	21.83	20.10	21.54
		S	1.050	0.750	1.150	1.680	0.720	0.930	0.380
	Ç3	X _{max}	23.99	25.59	25.00	24.04	26.88	25.30	22.58
		$\bar{X}$	22.85	24.55	24.29	22.73	25.15	24.38	22.06
		X _{min}	21.96	23.64	23.28	22.24	23.29	22.39	21.54
		S	0.650	0.530	0.500	0.530	1.030	0.790	0.380

Çizelge 3.18 (devam). Sarı renk değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Kayın	Ç1	X_{max}	29.66	30.64	29.70	31.50	30.41	25.85	25.66
		$\bar{X}$	26.73	30.15	27.73	29.87	29.56	25.42	25.01
		X_{min}	22.43	29.65	25.99	27.93	27.30	24.88	24.60
		S	2.600	0.290	1.090	1.000	1.010	0.320	0.370
	Ç2	X_{max}	18.24	21.29	21.73	24.16	20.50	21.01	25.66
		$\bar{X}$	17.53	20.01	19.11	20.35	19.08	20.08	25.01
		X_{min}	16.64	19.07	17.54	17.23	17.74	19.36	24.60
		S	0.470	0.650	1.140	2.010	0.810	0.530	0.370
	Ç3	X_{max}	24.51	23.90	23.12	23.13	23.32	22.17	25.66
		$\bar{X}$	23.86	23.07	22.27	22.55	22.71	20.38	25.01
		X_{min}	22.81	22.52	21.12	21.95	22.26	19.26	24.60
		S	0.550	0.400	0.600	0.420	0.330	0.860	0.370
Meşe	Ç1	X_{max}	27.56	27.27	27.91	27.33	27.51	28.87	23.92
		$\bar{X}$	26.92	25.32	26.45	26.31	26.54	26.53	23.29
		X_{min}	26.11	23.04	25.16	25.05	25.78	25.54	22.63
		S	0.520	1.270	0.730	0.700	0.590	0.960	0.480
	Ç2	X_{max}	17.01	18.26	18.30	18.07	21.38	21.02	23.92
		$\bar{X}$	16.39	17.03	17.30	17.63	20.04	19.64	23.29
		X_{min}	15.68	15.79	16.98	16.45	19.20	18.77	22.63
		S	0.38	0.82	0.37	0.46	0.72	0.65	0.48
	Ç3	X_{max}	23.74	23.27	23.73	22.45	22.11	21.08	23.92
		$\bar{X}$	22.80	22.65	22.69	21.53	21.63	19.88	23.29
		X_{min}	22.05	21.81	22.05	20.84	20.86	18.43	22.63
		S	0.47	0.480	0.48	0.560	0.42	0.84	0.480

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi

** Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Sarı renk değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Sarı renk değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0.05$
Ağaç türü (A)	3	1185.690	395.230	244.1602	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	3971.249	1985.625	1226.6543	0.0000
Etkileşim (AB)	6	425.379	70.896	43.7975	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	0.825	0.825	0.5099	ns**
Etkileşim (AC)	3	73.616	24.539	15.1592	0.0000
Etkileşim (BC)	2	101.464	50.732	31.3405	0.0000
Etkileşim (ABC)	6	54.049	9.008	5.5650	0.0000
Isıl işlem süresi (D)	3	74.303	24.768	15.3007	0.0000
Etkileşim (AD)	9	894.262	99.362	61.3829	0.0000
Etkileşim (BD)	6	1355.701	225.950	139.5847	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	275.061	15.281	9.4402	0.0000
Etkileşim (CD)	3	15.032	5.011	3.0953	0.0262
Etkileşim (ACD)	9	102.190	11.354	7.0144	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	41.254	6.876	4.2476	0.0003
Etkileşim (ABCD)	18	173.752	9.653	5.9632	0.0000
Hata	864	1398.585	1.619		
Toplam	959	10142.412			

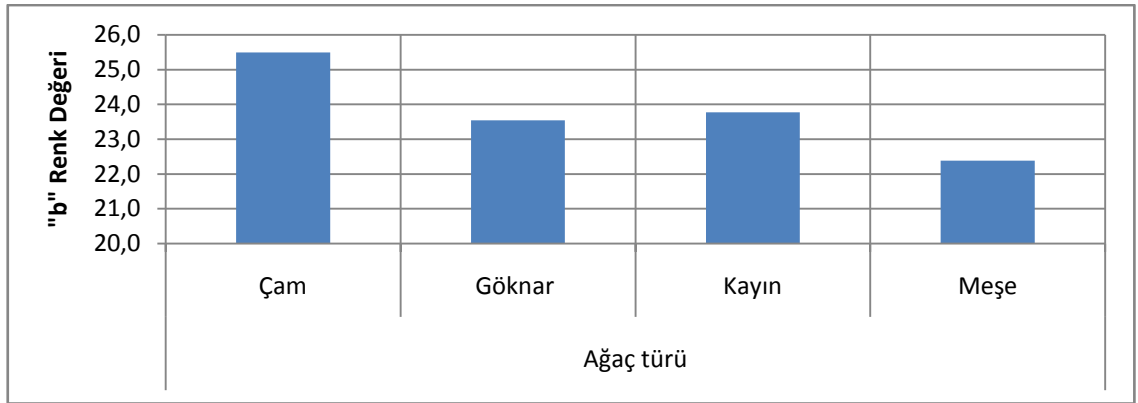
* : Anlamlı ($\alpha=0,05$ ’e göre), **ns: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, C faktörü önemsiz, A, B, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.20’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.20. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
25.49	A*	23.54	C	23.77	B	22.38	D
LSD $\pm$ 0.2280							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.16. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

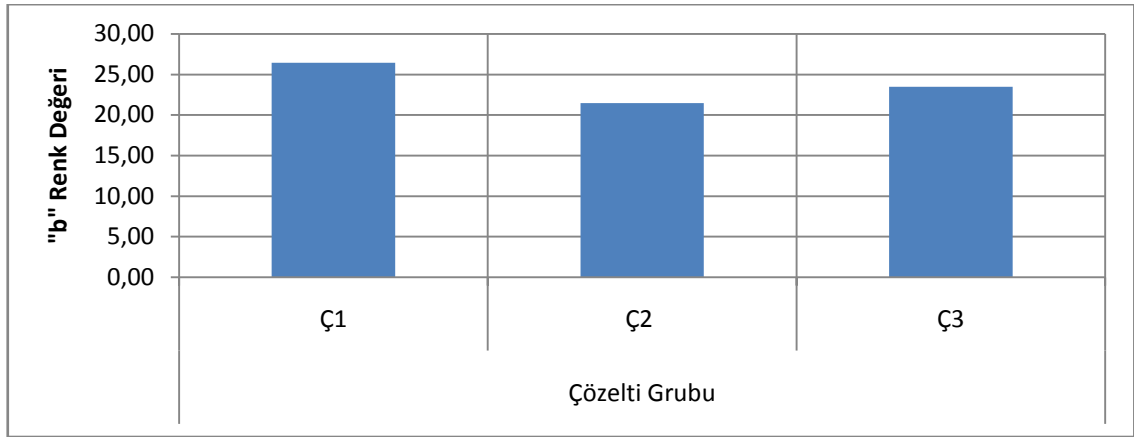
Ağaç türü düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek çamda, en düşük meşede elde edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.21’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
26.43	A	21.47	C	23.47	B
LSD $\pm$ 0.1974					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.17. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

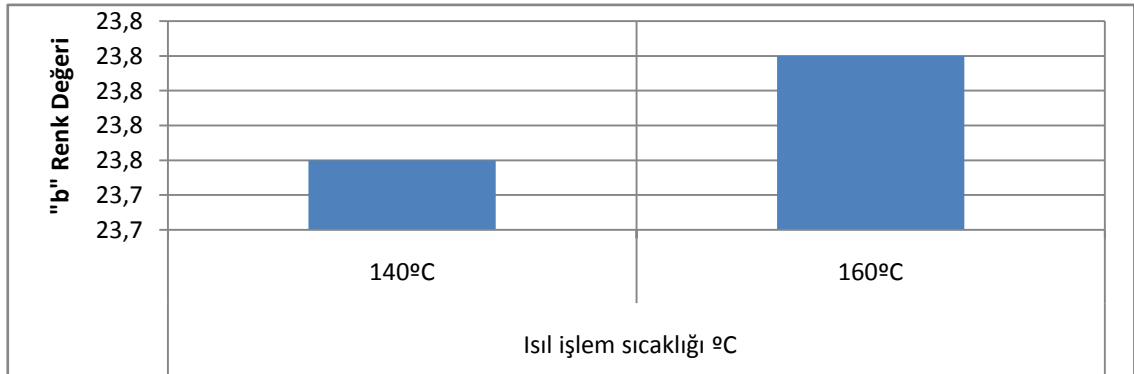
Çizelge 3.21'e göre çözelti grubu düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek Ç1 çözelti grubunda, en düşük Ç2 çözelti grubunda tespit edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.22'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.22. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
23.76	A	23.82	A*
LSD ± 0.1612			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.18. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

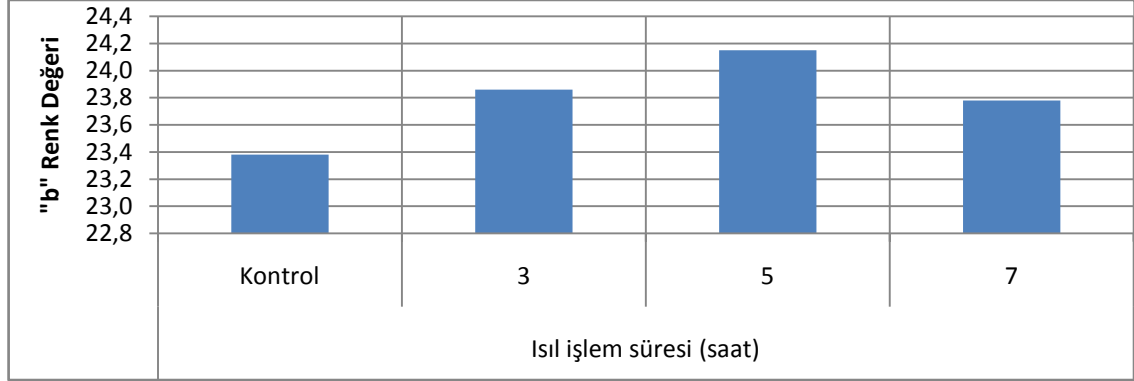
Varyans analizi sonucuna uygun olarak sarı renk değerlerine ait iki ısıtıl işlem sıcaklığı arasında fark gözlenmemiştir.

Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.23'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.23. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
23.38	C	23.86	B	24.15	A*	23.78	B
LSD $\pm$ 0.2280							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.19. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre, sarı renk değeri en yüksek 5 saat süre ile ısıtıl işlemeye tabi tutulan örneklerde, en düşük kontrol örneklerinde belirlenmiştir.

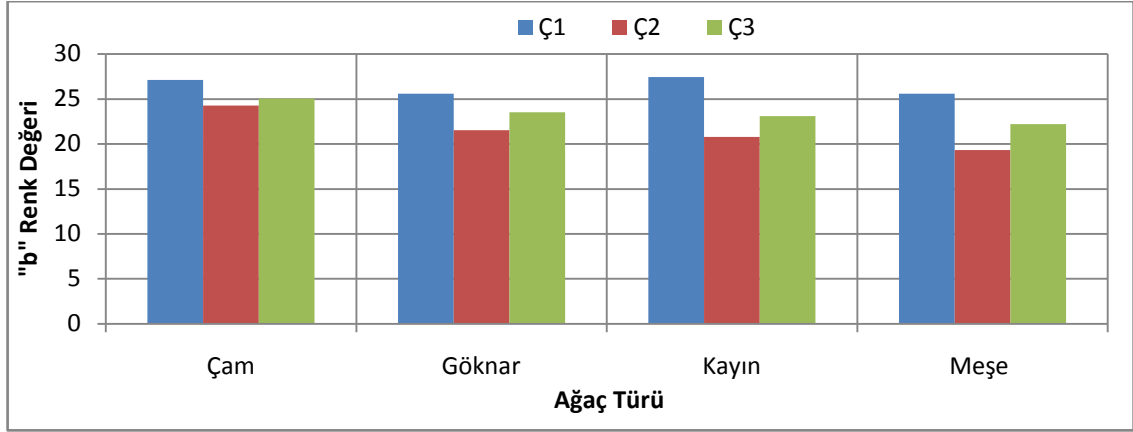
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.24’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.24. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	Ç1		Ç2		Ç3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	27.11	A	24.28	D	25.07	C
Gökmar	25.58	B	21.52	H	23.51	E
Kayın	27.43	A*	20.77	I	23.10	F
Meşe	25.58	B	19.33	J	22.22	G
LSD $\pm$ 0.3949						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.20. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan meşede çıkmıştır.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.25’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.21’de gösterilmiştir.

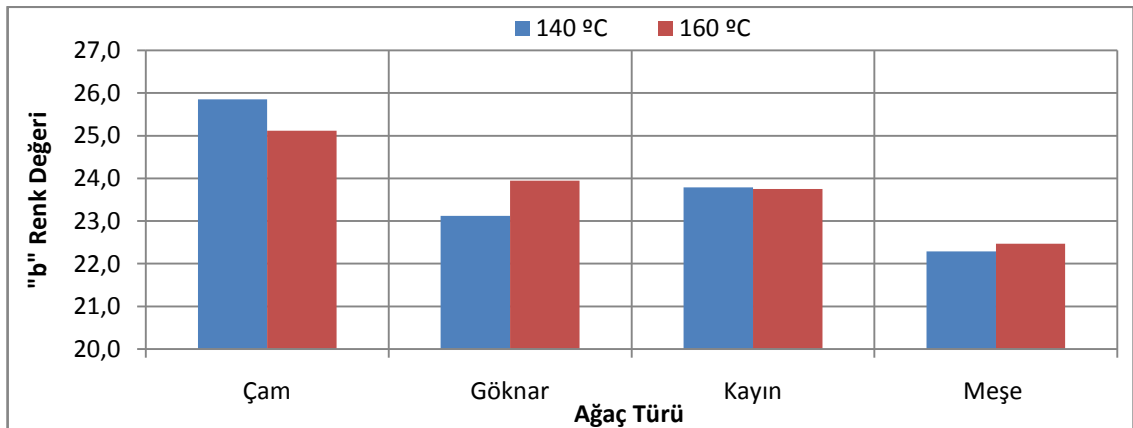
Çizelge 3.25. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	25.85	A*	25.12	B
Gökmar	23.12	D	23.95	C
Kayın	23.79	C	23.75	C
Meşe	22.29	E	22.47	E

LSD $\pm$ 0.3224

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.21. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek 140⁰C ısıtma sıcaklığı uygulanan çamda, en düşük 140⁰C ısıtma sıcaklığına maruz bırakılan meşede tespit edilmiştir.

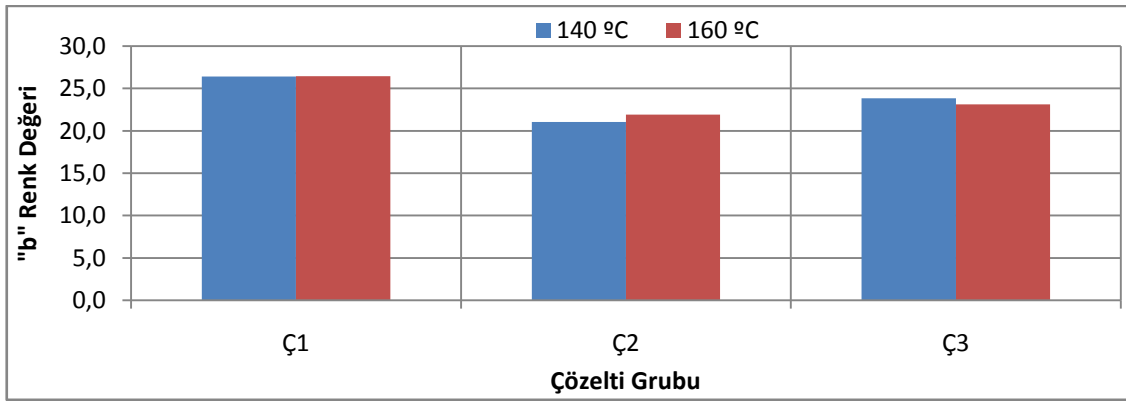
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.26’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.26. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	26.42	A	26.43	A*
Ç2	21.04	E	21.91	D
Ç3	23.83	B	23.12	C
LSD ± 0.2792				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.22. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde sarı renk değeri en yüksek 160⁰C’de ısıtma işlemine maruz bırakıldıktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 140⁰C’de ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

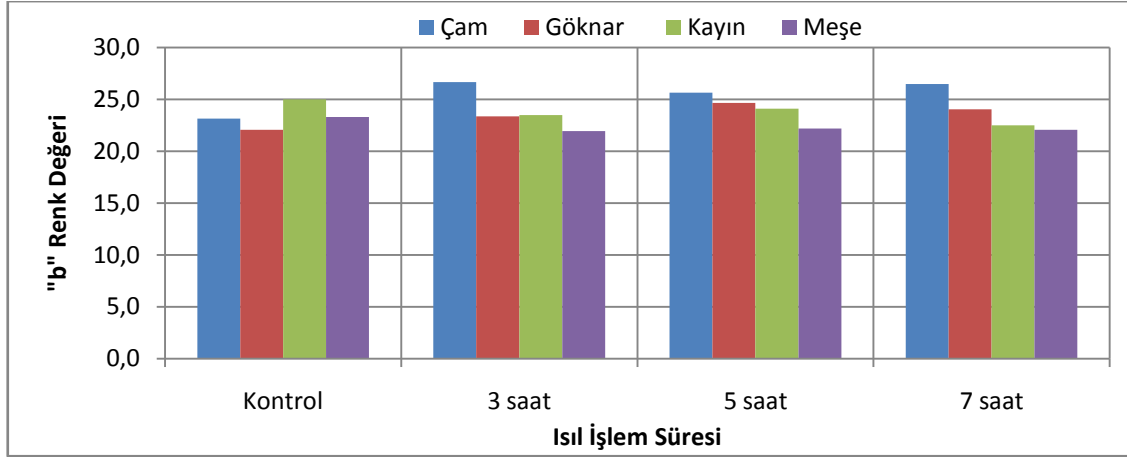
Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.27’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.27. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	23.14	E	26.67	A*	25.65	B	26.48	A
Gökmar	22.06	FG	23.37	E	24.67	C	24.05	D
Kayın	25.01	C	23.48	E	24.09	D	22.50	F
Meşe	23.29	E	21.93	G	22.20	FG	22.08	FG
LSD $\pm$ 0.4560								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.23. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek 3 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan çamda, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma maruz bırakılan çamda tespit edilmiştir.

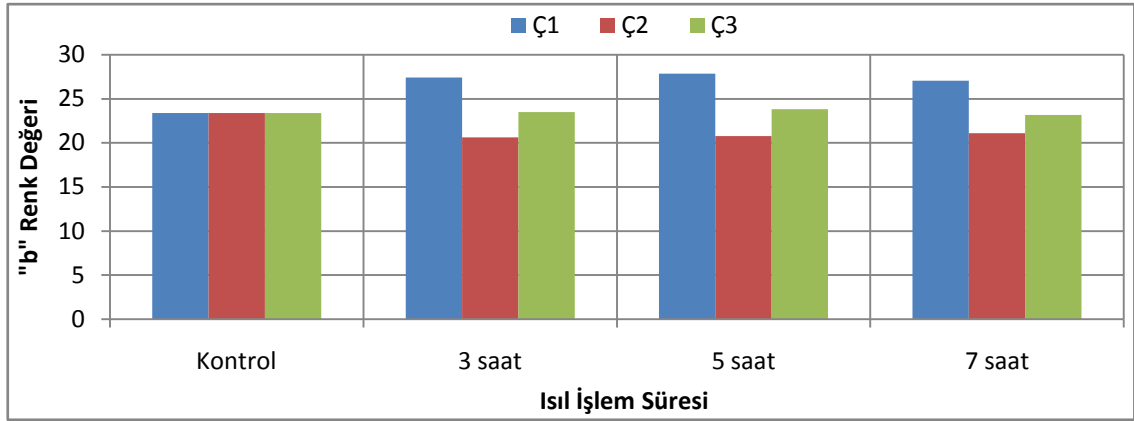
Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.28’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.24’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.28. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	23.38	D	27.43	B	27.86	A*	27.04	B
Ç2	23.38	D	20.64	F	20.79	EF	21.09	E
Ç3	23.38	D	23.51	CD	23.82	C	23.19	D
LSD $\pm$ 0.3949								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.24. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek 5 saat süre ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 3 saat süre ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.29’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.25’de gösterilmiştir.

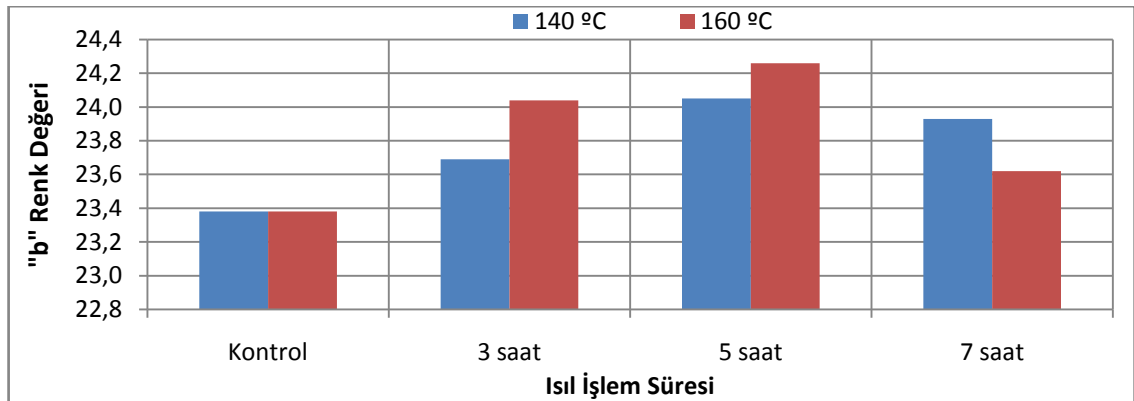
Çizelge 3.29. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	23.38	C	23.69	BC	24.05	A	23.93	AB
160 °C	23.38	C	24.04	A	24.26	A*	23.62	BC

LSD $\pm$ 0.3224

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.25. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, sarı renk değeri en yüksek 160⁰C’de 5 saat süre ile ısıtıl işleme tabi tutulan örneklerde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

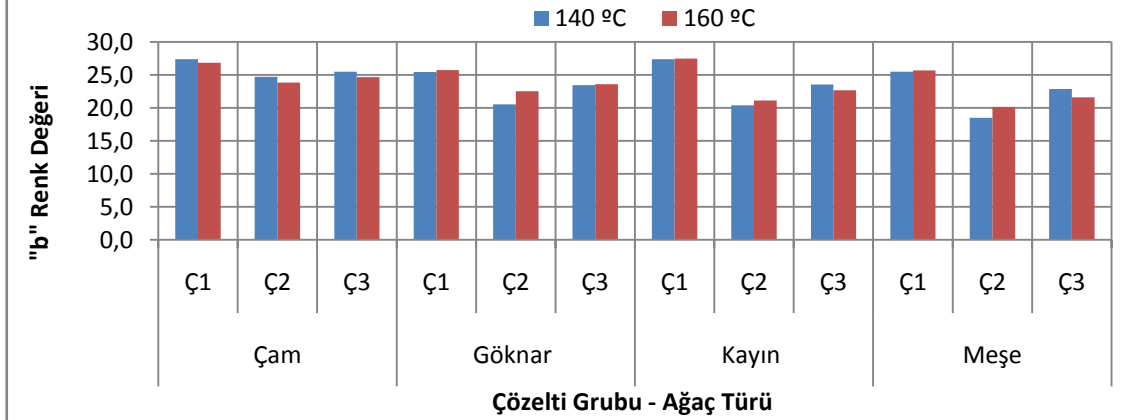
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.30’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.26’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.30. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	27.37	A	26.86	A
	Ç2	24.71	C	23.85	D
	Ç3	25.48	B	24.65	C
Gökmar	Ç1	25.42	B	25.73	B
	Ç2	20.52	G	22.53	E
	Ç3	23.44	D	23.58	D
Kayın	Ç1	27.40	A	27.46	A*
	Ç2	20.41	G	21.13	F
	Ç3	23.55	D	22.66	E
Meşe	Ç1	25.49	B	25.67	B
	Ç2	18.50	H	20.15	G
	Ç3	22.86	E	21.58	F
LSD $\pm$ 0.5584					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.26. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek 160°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 140°C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan meşede elde edilmiştir.

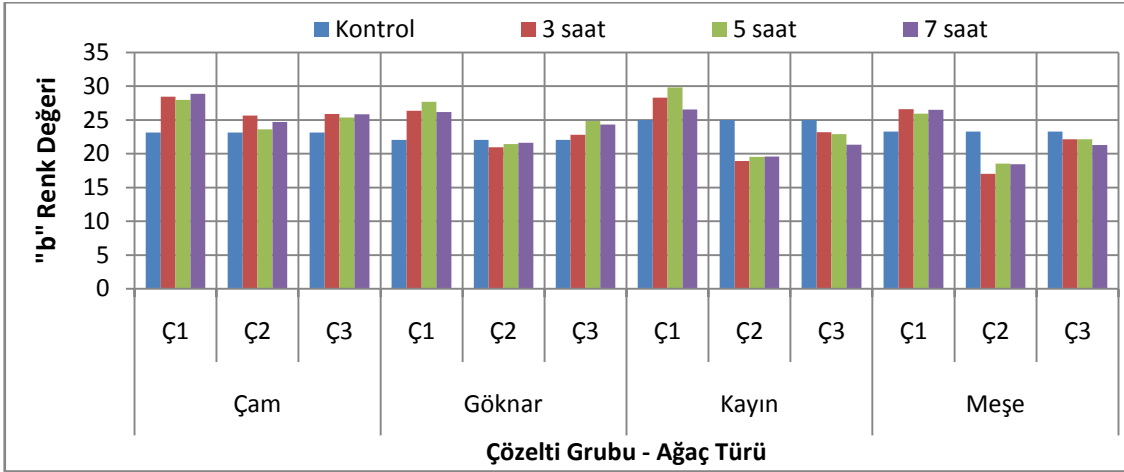
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.31’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.31. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	23.14	L	28.45	BC	27.97	C	28.90	B
	Ç2	23.14	L	25.67	EFGH	23.61	KL	24.69	IJ
	Ç3	23.14	L	25.89	DEF	25.39	FGHI	25.84	DEFG
Gökmar	Ç1	22.06	MN	26.37	DE	27.68	C	26.19	DEF
	Ç2	22.06	MN	20.96	O	21.46	NO	21.61	NO
	Ç3	22.06	MN	22.79	LM	24.85	HIJ	24.33	JK
Kayın	Ç1	25.01	GHIJ	28.30	BC	29.85	A*	26.58	DE
	Ç2	25.01	GHIJ	18.94	PQ	19.54	P	19.59	P
	Ç3	25.01	GHIJ	23.20	L	22.89	LM	21.32	NO
Meşe	Ç1	23.29	L	26.61	D	25.93	DEF	26.49	DE
	Ç2	23.29	L	17.01	R	18.53	Q	18.47	Q
	Ç3	23.29	L	22.17	MN	22.14	MN	21.28	NO
LSD ± 0.7897									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu * : En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.27. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek, 5 saat süre ile ısıl işlem tabi tutulduktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan kayında en düşük 3 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan meşede tespit edilmiştir.

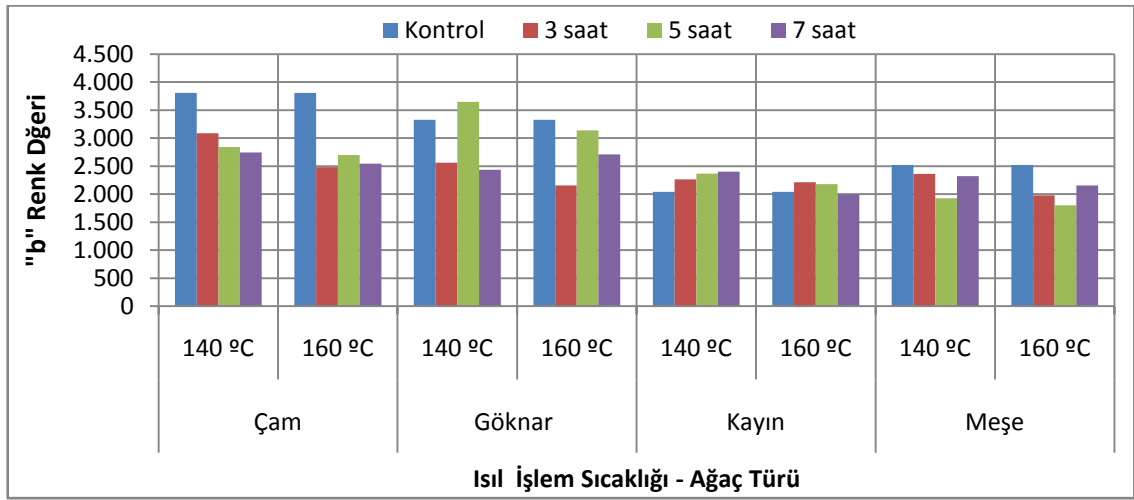
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.32’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.32. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	3.810	A	3.090	E	2.840	F	2.743	FG
	160 °C	3.810	A*	2.483	IJKL	2.700	FGHI	2.543	GHIJK
Gökknar	140 °C	3.330	CD	2.560	GHIJ	3.647	AB	2.437	JKLM
	160 °C	3.330	BC	2.153	OPQ	3.140	DE	2.713	FGH
Kayın	140 °C	2.040	PQR	2.267	LMNO	2.367	J-O	2.400	JKLMN
	160 °C	2.040	PQR	2.213	MNOP	2.180	NOPQ	1.993	PQRS
Meşe	140 °C	2.520	HJK	2.360	J-O	1.927	RS	2.320	K-O
	160 °C	2.520	HJK	1.980	QRS	1.803	S	2.157	OPQ
LSD ± 0.1950									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.28. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelge sonucuna göre, sarı renk değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işlem uygulanan meşede tespit edilmiştir.

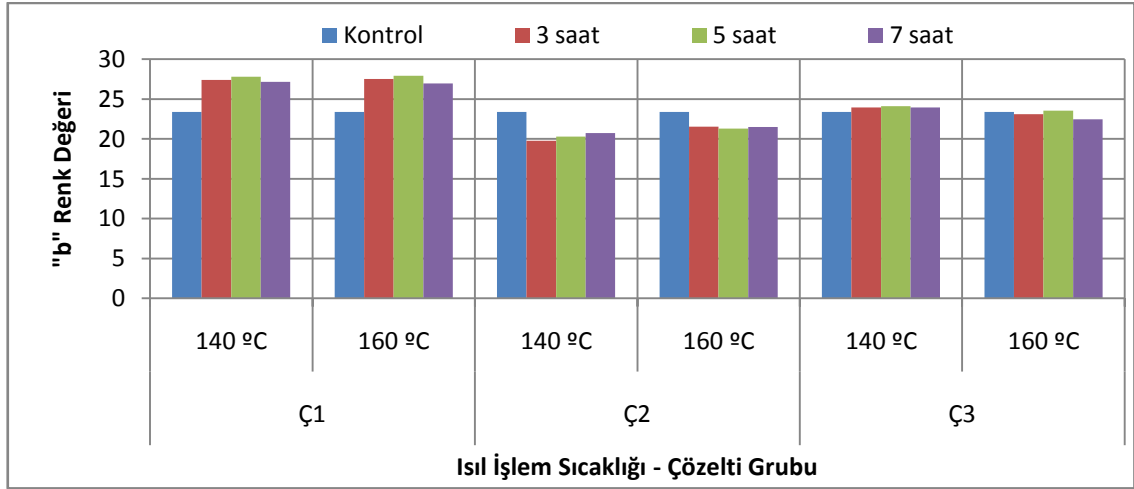
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.33’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.33. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	23.38	DE	27.37	AB	27.79	A	27.15	B
	160 °C	23.38	DE	27.49	AB	27.92	A	26.93	B
Ç2	140 °C	23.38	DE	19.76	I	20.28	HI	20.72	H
	160 °C	23.38	DE	21.52	G	21.29	G	21.47	G
Ç3	140 °C	23.38	DE	23.93	CD	24.08	C	23.94	CD
	160 °C	23.38	DE	23.10	E	23.55	CDE	22.45	F
LSD $\pm$ 0.5584									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

****B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.29. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek, 160⁰C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 140⁰C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

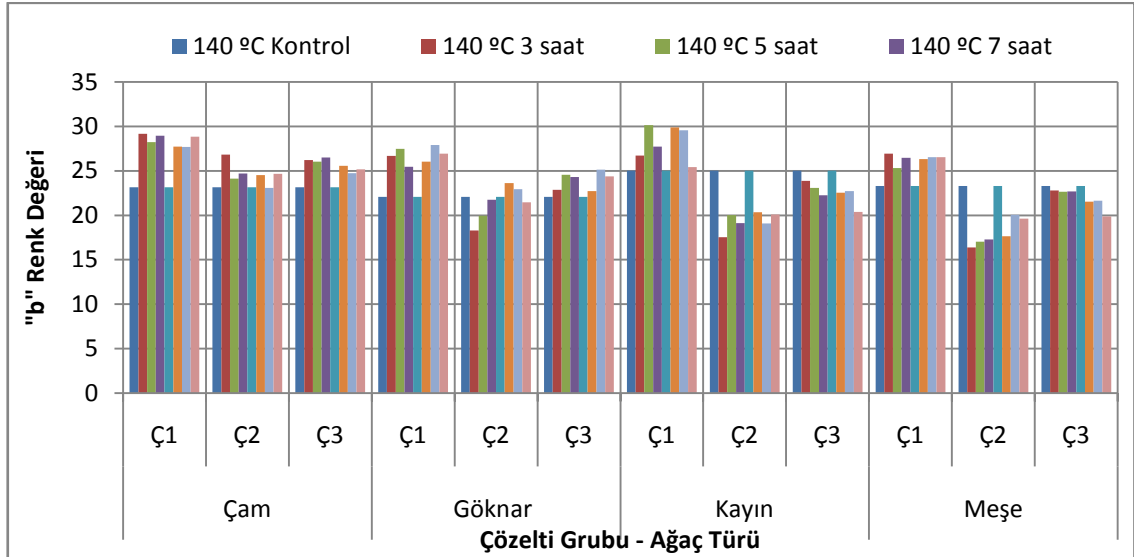
Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.34’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.30’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.34. Ağaç türü – Çözeltili grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi
Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			Kontrol
			3 saat	5 saat	7 saat	3 saat	5 saat	7 saat	
Çam	Ç1	$\bar{x}$	29.15	28.24	28.94	27.74	27.69	28.86	23.14
		HG	ABC	CDE	ABCD	DEFG	DEFG	BCD	T-Z
	Ç2	$\bar{x}$	26.84	24.13	24.71	24.51	23.09	24.66	23.14
		HG	FGHI	P-V	N-R	OPQRS	T-Z	OPQR	T-Z
	Ç3	$\bar{x}$	26.22	26.05	26.50	25.57	24.73	25.18	23.14
		HG	H-M	I-N	G-L	I-O	N-R	L-Q	T-Z
Gökmar	Ç1	$\bar{x}$	26.68	27.47	25.47	26.05	27.90	26.92	22.06
		HG	FGHIJ	EFGH	J-P	I-N	DEF	FGHI	YZ[\
	Ç2	$\bar{x}$	18.30	19.96	21.76	23.62	22.95	21.47	22.06
		HG	=	^	Z[\	R-X	U-[	\]	YZ[\
	Ç3	$\bar{x}$	22.85	24.55	24.29	22.73	25.15	24.38	22.06
		HG	V-\	OPQRS	O-U	W-\	L-Q	O-T	YZ[\
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	26.73	30.15	27.73	29.87	29.56	25.42	25.01
		HG	FGHIJ	A	DEFG	AB	AB	J-P	M-Q
	Ç2	$\bar{x}$	17.53	20.01	19.11	20.35	19.08	20.08	25.01
		HG	`a	^	^	]^	^	^	M-Q
	Ç3	$\bar{x}$	23.86	23.07	22.27	22.55	22.71	20.38	25.01
		HG	Q-W	T-Z	XYZ[\	W-\	W-\	]^	M-Q
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	26.92	25.32	26.45	26.31	26.54	26.53	23.29
		HG	FGHI	K-P	G-L	H-M	GHIJK	GHIJK	S-Y
	Ç2	$\bar{x}$	16.39	17.03	17.30	17.63	20.04	19.64	23.29
		HG	a	a	`a	`a	^	^	S-Y
	Ç3	$\bar{x}$	22.80	22.65	22.69	21.53	21.63	19.88	23.29
		HG	V-\	W-\	W-\	\]	\]	^	S-Y

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek sarı renk değerini ifade etmektedir.

**: A: Ağaç türü, B: Çözeltili grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.30. Ağaç türü – Çözeltili grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, yüksek sarı renk değeri en yüksek, 140°C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç1 çözeltili grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 140°C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözeltili grubu ile rengi açılan meşede tespit edilmiştir.

3.1.3. Işıklılık Değeri / Renk Parlaklığı (L)

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 3.35’de verilmiştir.

Çizelge 3.35. Işıklılık değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			**Kontrol
			3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	X _{max}	68.40	70.43	66.60	70.34	66.59	62.30	82.46
		$\bar{X}$	68.06	69.44	65.79	68.84	65.74	61.17	81.89
		X _{min}	67.56	67.53	65.21	66.40	64.66	59.27	81.29
		S	0.297	0.972	0.424	1.134	0.630	1.036	0.370
	Ç2	X _{max}	73.82	75.16	73.71	74.56	72.24	74.53	82.46
		$\bar{X}$	72.48	74.12	72.65	73.98	70.99	73.92	81.89
		X _{min}	70.59	72.19	71.65	73.66	69.49	73.27	81.29
		S	1.099	1.027	0.683	0.343	0.799	0.447	0.370
	Ç3	X _{max}	67.71	68.66	67.55	67.67	67.70	62.45	82.46
		$\bar{X}$	66.96	67.90	66.87	66.47	65.06	61.61	81.89
		X _{min}	66.33	67.09	65.92	65.19	63.78	60.80	81.29
		S	0.493	0.610	0.448	0.737	1.073	0.477	0.370
Gökmar	Ç1	X _{max}	73.98	72.52	70.73	74.48	70.28	73.49	79.37
		$\bar{X}$	71.40	71.72	70.16	72.92	69.21	72.39	78.57
		X _{min}	70.31	70.36	69.28	71.52	68.11	71.57	77.80
		S	1.098	0.775	0.459	0.983	0.642	0.686	0.553
	Ç2	X _{max}	78.35	78.05	75.89	77.77	75.14	71.55	79.37
		$\bar{X}$	76.87	76.92	73.85	76.95	72.97	70.57	78.57
		X _{min}	75.98	75.61	74.69	75.93	70.35	68.99	77.80
		S	0.856	0.743	0.944	0.565	1.521	0.908	0.553
	Ç3	X _{max}	68.66	68.94	67.03	69.28	68.88	70.68	79.37
		$\bar{X}$	67.89	68.06	66.05	68.02	66.67	68.19	78.57
		X _{min}	66.81	67.11	65.43	66.37	65.45	67.06	77.80
		S	0.608	0.622	0.523	0.523	0.975	1.013	0.553

Çizelge 3.35 (devam). Işıklılık değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Kayın	Ç1	X_{max}	71.06	68.56	67.33	70.22	68.73	71.15	65.45
		$\bar{X}$	68.66	67.67	64.48	68.28	67.75	67.49	63.55
		X_{min}	66.82	66.18	61.32	64.84	66.34	65.66	62.43
		S	1.106	0.690	1.907	2.138	0.675	1.615	1.009
	Ç2	X_{max}	74.76	74.23	72.24	77.54	77.68	70.76	65.45
		$\bar{X}$	74.33	72.94	71.08	75.23	73.94	69.05	63.55
		X_{min}	73.48	71.47	69.75	72.46	72.15	67.74	62.43
		S	0.493	0.921	0.836	1.688	1.633	0.939	1.009
	Ç3	X_{max}	60.21	58.97	57.94	60.77	59.22	51.34	65.45
		$\bar{X}$	59.68	58.50	57.45	60.04	58.59	50.33	63.55
		X_{min}	59.11	57.59	57.07	59.18	57.89	49.49	62.43
		S	0.420	0.384	0.279	0.458	0.394	0.498	1.009
Meşe	Ç1	X_{max}	73.17	73.74	68.78	69.18	64.96	63.15	67.84
		$\bar{X}$	71.29	72.29	67.21	73.97	63.13	61.51	66.35
		X_{min}	69.72	70.41	65.49	66.78	61.51	59.99	64.79
		S	1.071	1.143	0.987	0.897	0.982	1.076	1.048
	Ç2	X_{max}	75.92	77.07	76.11	72.43	71.04	73.63	67.84
		$\bar{X}$	72.34	75.65	71.63	69.91	67.17	70.45	66.35
		X_{min}	70.20	73.30	66.99	67.56	63.38	67.49	64.79
		S	2.026	1.168	2.444	1.249	2.507	2.443	1.048
	Ç3	X_{max}	59.16	63.09	59.80	60.57	59.95	53.74	67.84
		$\bar{X}$	58.56	62.49	58.91	59.76	58.83	52.65	66.35
		X_{min}	57.96	61.94	58.01	58.78	57.37	51.77	64.79
		S	0.389	0.423	0.561	0.591	0.747	0.754	1.048

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi.

**: Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Işıklılık değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.36’da verilmiştir.

Çizelge 3.36. Işıklılık değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0.05$
Ağaç türü (A)	3	11477.257	3825.752	3813.7380	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	10143.895	5071.948	5056.0198	0.0000
Etkileşim (AB)	6	1670.029	278.338	277.4640	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	433.265	433.265	431.9048	0.0000
Etkileşim (AC)	3	327.865	109.288	108.9452	0.0000
Etkileşim (BC)	2	1.768	0.884	0.8810	ns**
Etkileşim (ABC)	6	218.692	36.449	36.3343	0.0000
Isıl işlem süresi (D)	3	5305.571	1768.524	1762.9697	0.0000
Etkileşim (AD)	9	6863.627	762.625	760.2303	0.0000
Etkileşim (BD)	6	3448.977	574.829	573.0243	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	1046.876	58.160	57.9771	0.0000
Etkileşim (CD)	3	455.502	151.834	151.3573	0.0000
Etkileşim (ACD)	9	319.937	35.549	35.4370	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	152.136	25.356	25.2764	0.0000
Etkileşim (ABCD)	18	378.412	21.023	20.9569	0.0000
Hata	864	866.722	1.003		
Toplam	959	43110.532			

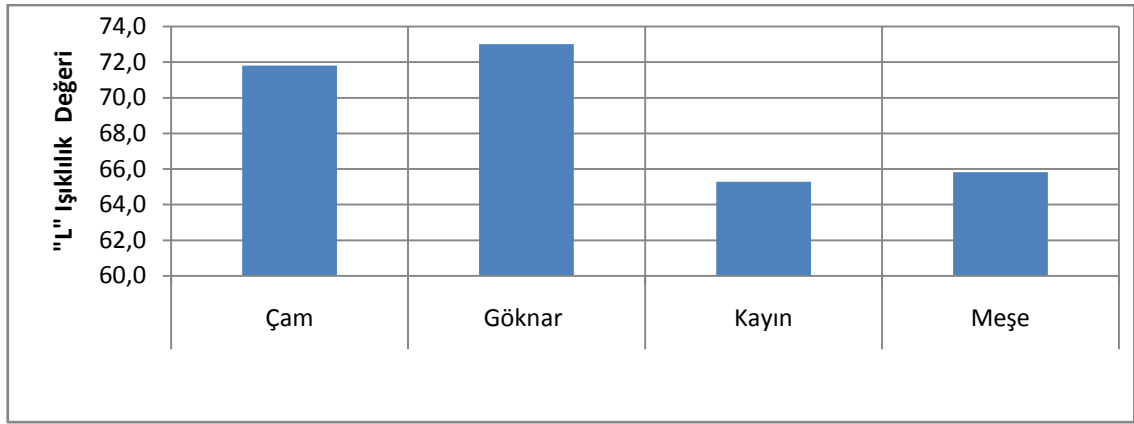
*: Anlamlı ($\alpha=0,05$ 'e göre), **:ns: Önemsiz.

Varyans analiz sonucuna göre, BC etkileşimi önemsiz, A, B, C, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.37’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.37. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
71.81	A	73.01	A*	65.28	B	65.83	B
LSD $\pm$ 5.275							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek siyah-beyaz renk değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.31. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

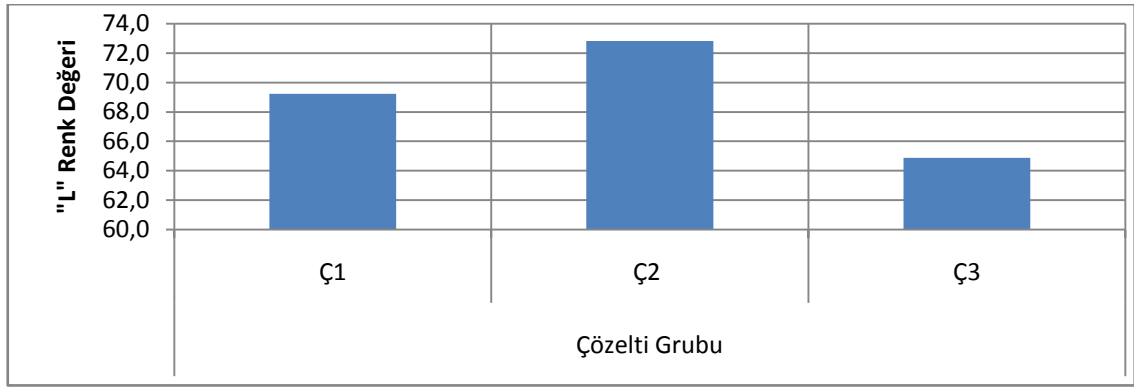
Ağaç türü düzeyinde ışıklılık değeri en yüksek gökmar, en düşük kayında tespit edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.38’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.38. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
69.23	AB	72.83	A*	64.88	B
LSD $\pm$ 4.568					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.32. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

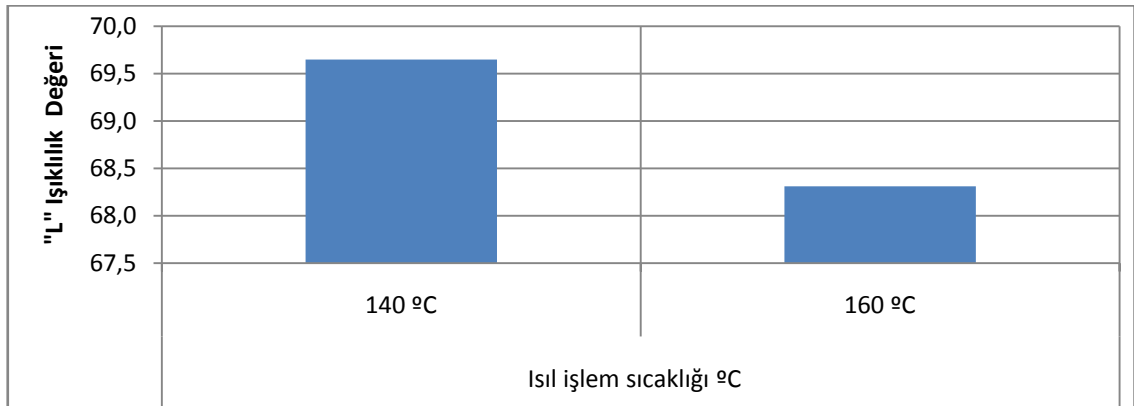
Çizelge sonucuna göre çözelti grubu düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözelti grubunda tespit edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.39'da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.33'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.39. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
69.65	A *	68.31	A
LSD $\pm$ 3.730			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.33. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

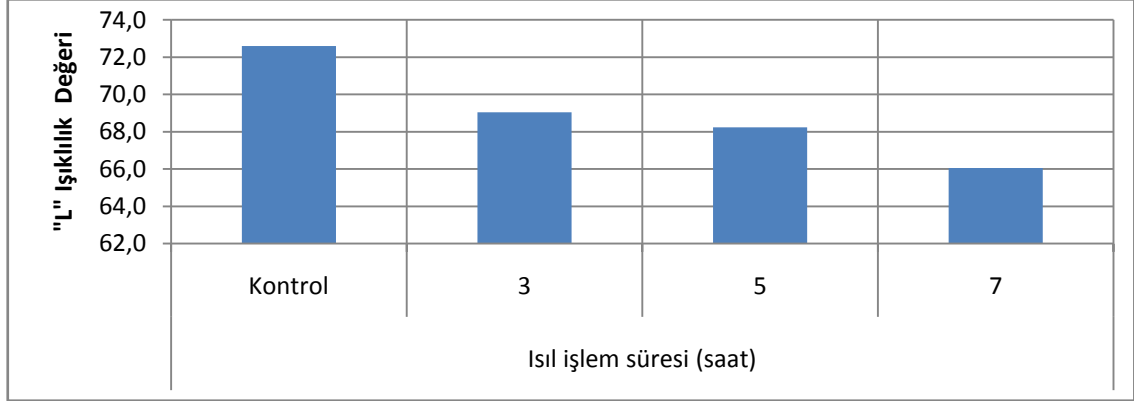
Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde ışıklılık değeri en yüksek 140°C'de, en düşük 160°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.40'da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.34'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.40. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
72.59	A*	69.04	AB	68.24	AB	66.06	B
LSD $\pm$ 5.275							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.34. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre, ışıklılık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir.

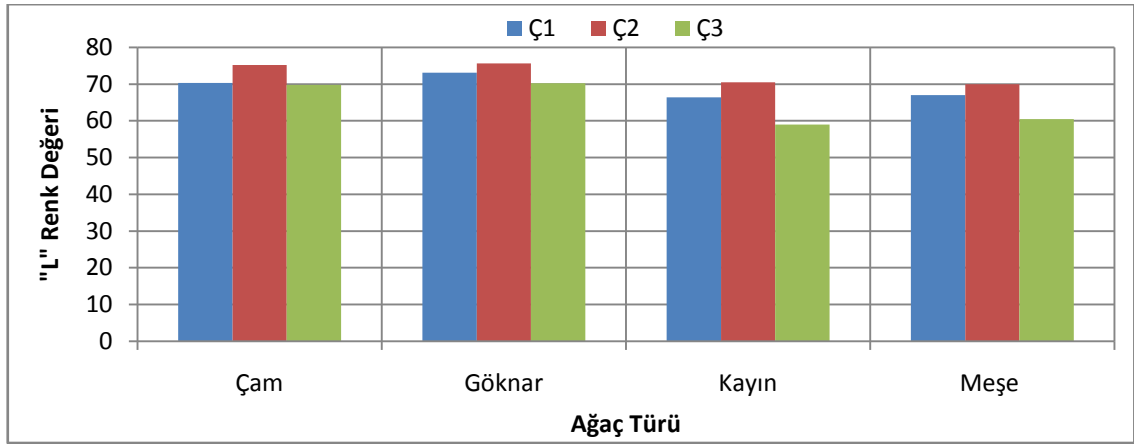
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.41’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.35’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.41. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	C1		C2		C3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	70.35	AB	75.24	A	69.83	AB
Gökmar	73.12	A	75.66	A*	70.25	AB
Kayın	66.43	ABC	70.46	AB	58.96	C
Meşe	67.02	ABC	69.98	AB	60.49	BC
LSD $\pm$ 9.136						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.35. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan gökmar, en düşük Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

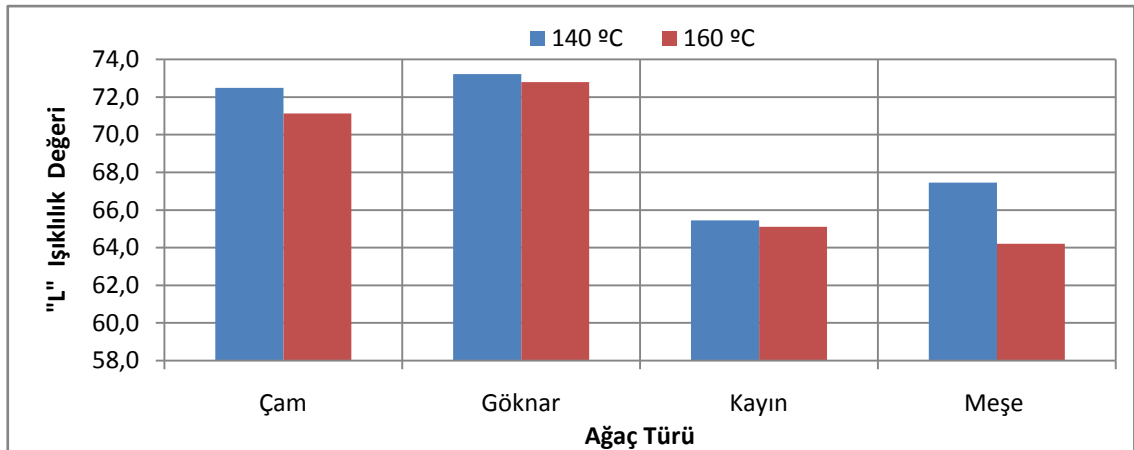
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.42’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.42. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	72.49	AB	71.12	AB
Gökmar	73.22	A*	72.80	AB
Kayın	65.45	AB	65.11	AB
Meşe	67.45	AB	64.21	B
LSD ± 7.460				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.36. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek 140°C ısıtma sıcaklığı uygulanan göknarda, en düşük 160°C ısıtma sıcaklığına maruz bırakılan meşede tespit edilmiştir.

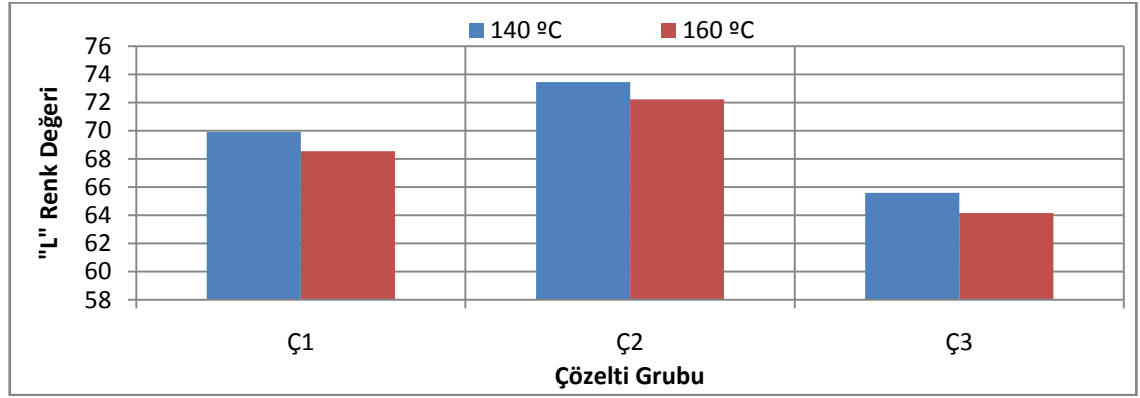
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.43’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.37’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.43. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	69.91	ABC	68.55	ABC
Ç2	73.45	A*	72.22	AB
Ç3	65.60	BC	64.16	C
LSD $\pm$ 6.460				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.37. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde ışıklılık değeri varyans analizi sonucuna uygun olarak önemsiz çıkmıştır.

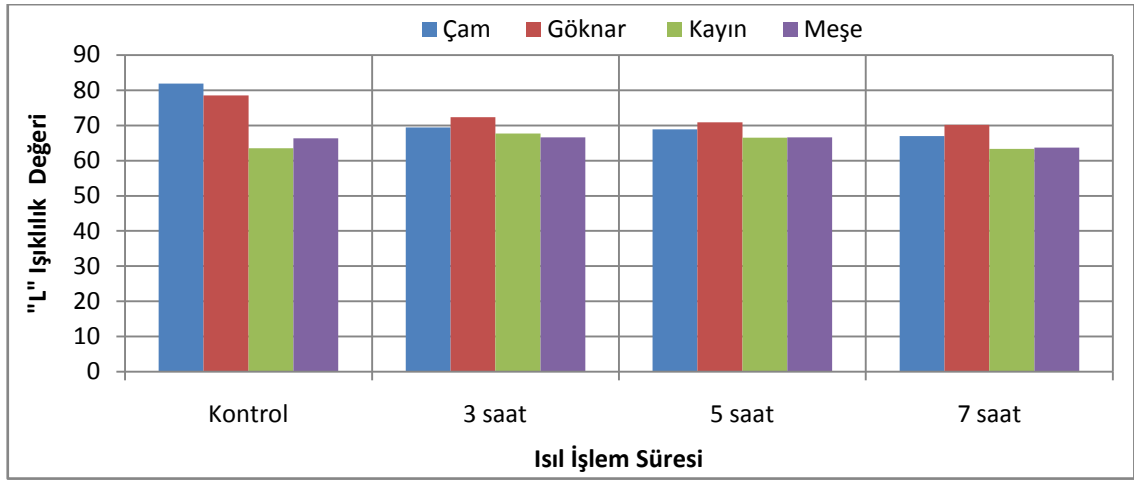
Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.44’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.44. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	81.89	A*	69.46	BC	68.87	BC	67.00	BC
Göknar	78.57	AB	72.34	ABC	70.92	ABC	70.20	ABC
Kayın	63.55	C	67.71	BC	66.56	BC	63.31	C
Meşe	66.35	BC	66.65	BC	66.59	BC	63.73	C
LSD $\pm$ 10.55								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.38. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma maruz bırakılan kayında tespit edilmiştir.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.45’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.39’da gösterilmiştir.

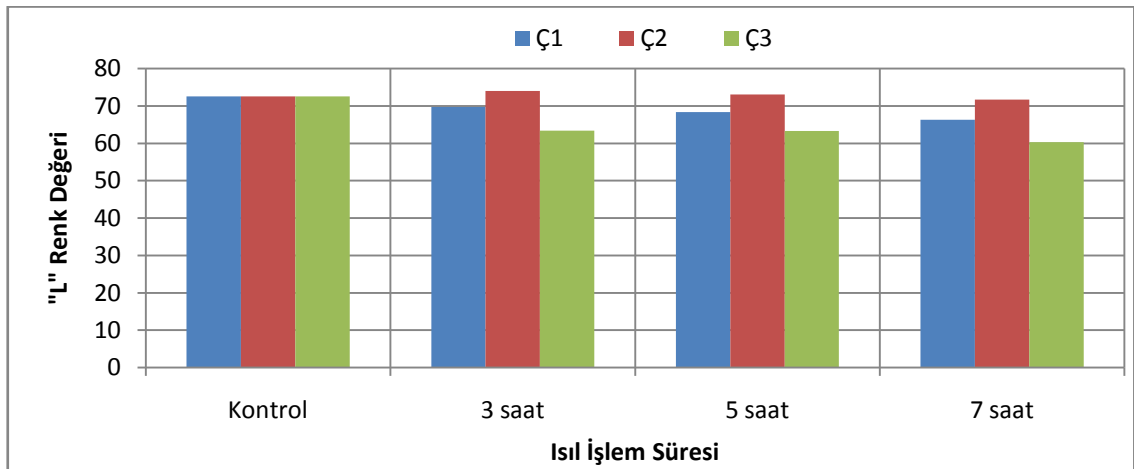
Çizelge 3.45. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	72.59	A	69.69	AB	68.37	AB	66.28	AB
Ç2	72.59	A	74.01	A*	73.09	A	71.65	A
Ç3	72.59	A	63.42	AB	63.26	AB	60.26	B

LSD $\pm$ 9.136

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.39. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek 3 saat süre ile ısıtım işlem uygulandıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 7 saat süre ile ısıtım işlem uygulandıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

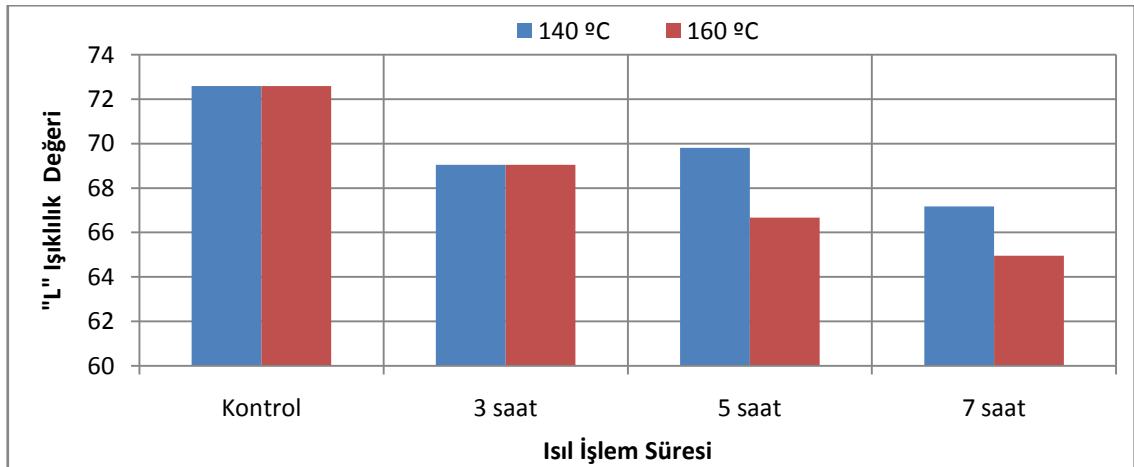
Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.46’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.40’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.46. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	72.59	A*	69.04	A	69.81	A	67.18	A
160 °C	72.59	A	69.04	A	66.67	A	64.95	A
LSD $\pm$ 7.460								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.40. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, ışıklılık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 160⁰C’de 7 saat süre ile ısıtım işleme maruz bırakılan örneklerde tespit edilmiştir.

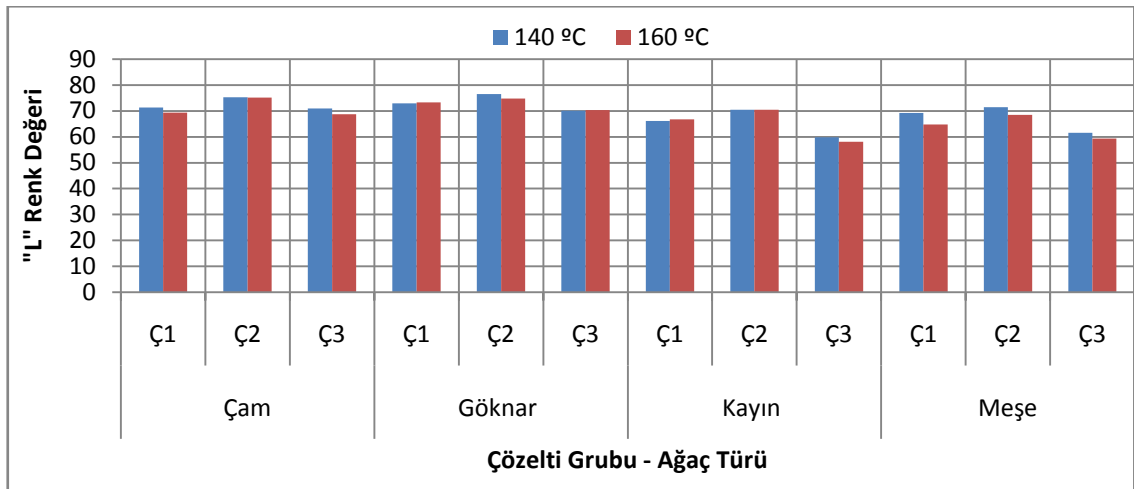
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.47’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.41’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.47. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	71.29	ABC	69.41	ABC
	Ç2	75.28	AB	75.20	AB
	Ç3	70.91	ABC	68.76	ABC
Göknar	Ç1	72.96	ABC	73.27	ABC
	Ç2	76.55	A*	74.76	AB
	Ç3	70.14	AB C	70.36	ABC
Kayın	Ç1	66.09	ABC	66.77	ABC
	Ç2	70.48	ABC	70.44	ABC
	Ç3	59.80	BC	58.13	C
Meşe	Ç1	69.28	ABC	64.76	ABC
	Ç2	71.49	ABC	68.47	ABC
	Ç3	61.58	ABC	59.40	BC
LSD ± 12.92					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.41. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek 140°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda, en düşük 160°C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

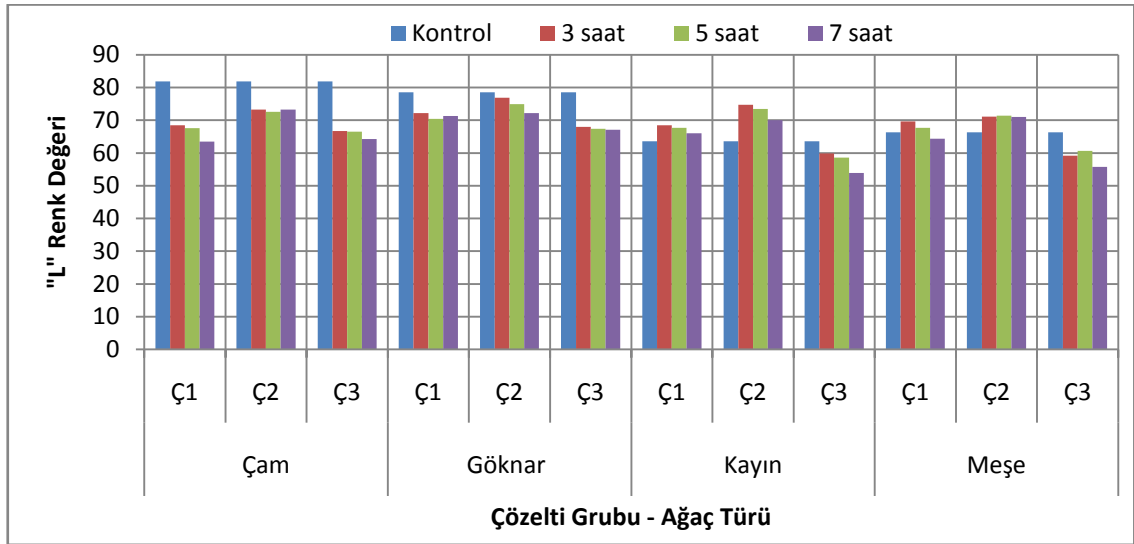
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.48’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.42’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.48. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	81.89	A*	68.45	ABC	67.59	ABC	63.48	ABC
	Ç2	81.89	A	73.23	ABC	72.55	ABC	73.28	ABC
	Ç3	81.89	A	66.72	ABC	66.48	ABC	64.24	ABC
Göknar	Ç1	78.57	AB	72.16	ABC	70.47	ABC	71.28	ABC
	Ç2	78.57	AB	76.91	ABC	74.94	ABC	72.21	ABC
	Ç3	78.57	AB	67.96	ABC	67.36	ABC	67.12	ABC
Kayın	Ç1	63.55	ABC	68.47	ABC	67.71	ABC	65.99	ABC
	Ç2	63.55	ABC	74.78	ABC	73.44	ABC	70.07	ABC
	Ç3	63.55	ABC	59.86	ABC	58.55	ABC	53.89	C
Meşe	Ç1	66.35	ABC	69.68	ABC	67.71	ABC	64.36	ABC
	Ç2	66.35	ABC	71.12	ABC	71.41	ABC	71.04	ABC
	Ç3	66.35	ABC	59.16	ABC	60.66	ABC	55.78	BC
LSD ± 18.27									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.42. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında tespit edilmiştir.

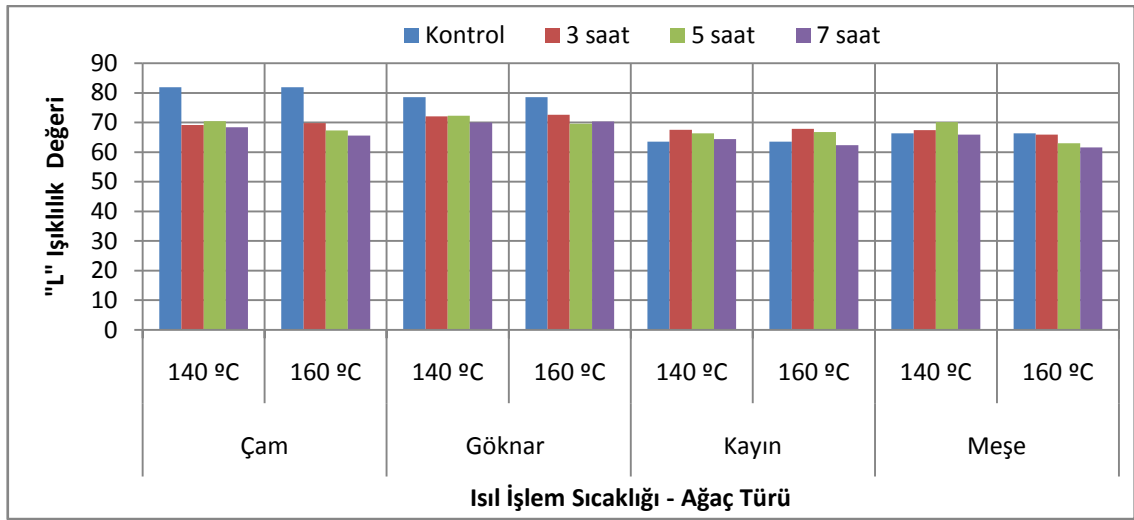
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.49’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.43’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.49. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	81.89	A*	69.17	AB	70.48	AB	68.44	AB
	160 °C	81.89	A	69.76	AB	67.26	AB	65.57	AB
Gökmar	140 °C	78.57	AB	72.05	AB	72.23	AB	70.02	AB
	160 °C	78.57	AB	72.63	AB	69.62	AB	70.38	AB
Kayın	140 °C	63.55	AB	67.56	AB	66.37	AB	64.34	AB
	160 °C	63.55	AB	67.85	AB	66.76	AB	62.29	B
Meşe	140 °C	66.35	AB	67.40	AB	70.14	AB	65.92	AB
	160 °C	66.35	AB	65.91	AB	63.04	AB	61.54	B
LSD ± 14.92									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.43. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıtılan meşede elde edilmiştir.

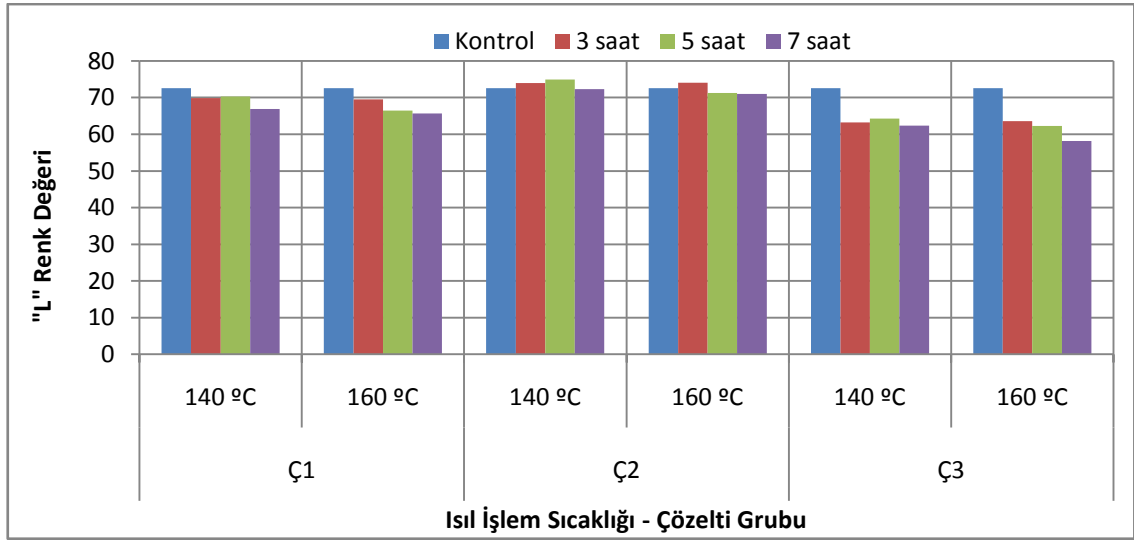
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.50’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.44’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.50. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	72.59	AB	69.85	AB	70.28	AB	66.91	AB
	160 °C	72.59	AB	69.52	AB	66.46	AB	65.64	AB
Ç2	140 °C	72.59	AB	74.01	AB	74.90	A*	72.30	AB
	160 °C	72.59	AB	74.02	AB	71.27	AB	71.00	AB
Ç3	140 °C	72.59	AB	63.27	AB	64.24	AB	62.32	AB
	160 °C	72.59	AB	63.57	AB	62.29	AB	58.20	B
LSD $\pm$ 12.92									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek ışıklılık değerini ifade etmektedir.

****B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.44. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek 140⁰C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160⁰C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.51’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.45’de gösterilmiştir.

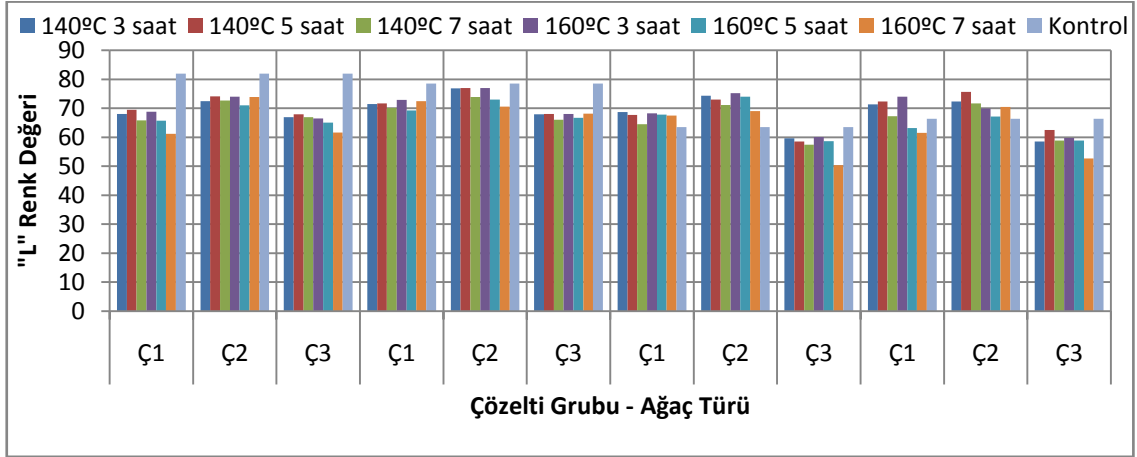
Çizelge 3.51. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD*			140°C				160°C			
			Kontrol	3 saat	5 saat	7 saat	Kontrol	3 saat	5 saat	7 saat
Çam	Ç1	$\bar{x}$	81.89	68.06	69.44	65.79	81.89	68.84	65.74	61.17
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç2	$\bar{x}$	81.89	72.48	74.12	72.65	81.89	73.98	70.99	73.92
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç3	$\bar{x}$	81.89	66.96	67.90	66.87	81.89	66.47	65.06	61.61
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
Gökmar	Ç1	$\bar{x}$	78.57	71.40	71.72	70.16	78.57	72.92	69.21	72.39
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç2	$\bar{x}$	78.57	76.87	76.92	73.85	78.57	76.95	72.97	70.57
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç3	$\bar{x}$	78.57	67.89	68.06	66.05	78.57	68.02	66.67	68.19
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	63.55	68.66	67.67	64.48	63.55	68.28	67.75	67.49
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç2	$\bar{x}$	63.55	74.33	72.94	71.08	63.55	75.23	73.94	69.05
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç3	$\bar{x}$	63.55	59.68	58.50	57.45	63.55	60.04	58.59	50.33
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	66.29	71.29	72.29	67.21	66.35	73.97	63.13	61.51
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç2	$\bar{x}$	66.35	72.34	75.65	71.63	66.35	69.91	67.17	70.45
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A
	Ç3	$\bar{x}$	66.35	58.56	62.49	58.91	66.35	59.76	58.83	52.65
		HG	A	A	A	A	A	A	A	A

LSD $\pm$ 25.84

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek ışıklılık renk değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.45. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, ışıklılık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan meşede elde edilmiştir.

3.1.4. Toplam Renk Değişim Değeri (ΔE)

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama toplam renk değişim değerleri aritmetik ortalamaları Çizelge 3.52’de verilmiştir.

Çizelge 3.52. Toplam renk değişim değeri ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*		140°C			160°C			**Kontrol
		3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	74.24	75.13	72.12	74.40	71.53	67.98	85.24
	Ç2	76.44	78.07	76.85	78.03	74.81	78.04	85.24
	Ç3	73.01	73.73	73.04	72.23	70.67	67.69	85.24
Gökmar	Ç1	76.34	76.96	74.75	77.50	74.81	77.34	81.87
	Ç2	79.12	79.57	77.08	80.53	76.59	73.86	81.87
	Ç3	72.72	73.73	71.62	72.70	72.58	73.64	81.87
Kayın	Ç1	73.87	74.44	70.45	74.87	74.23	72.49	69.64
	Ç2	76.43	75.72	73.71	78.04	76.44	72.06	69.64
	Ç3	65.94	64.58	63.11	65.66	64.63	55.65	69.64
Meşe	Ç1	76.30	76.66	72.37	73.08	68.68	67.50	70.97
	Ç2	74.24	77.58	73.77	72.39	70.23	73.24	70.97
	Ç3	66.97	67.58	64.31	64.50	63.73	57.31	70.97

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi

**: Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Toplam renk değişim değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıtılma işlem sıcaklığı ve ısıtılma işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.53’de verilmiştir.

Çizelge 3.53. Toplam renk değişim değeri ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıtılma işlem sıcaklığı ve ısıtılma işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0.05$
Ağaç türü (A)	3	10417.994	3472.665	1950.2634	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	6080.710	3040.355	1707.4764	0.0000
Etkileşim (AB)	6	1469.909	244.985	137.5845	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	412.076	412.076	231.4238	0.0000
Etkileşim (AC)	3	359.457	119.819	67.2908	0.0000
Etkileşim (BC)	2	36.916	18.458	10.3662	0.0000
Etkileşim (ABC)	6	149.914	24.986	14.0320	0.0000
Isıl işlem süresi (D)	3	4580.165	1526.722	857.4135	0.0000
Etkileşim (AD)	9	4459.513	495.501	278.2757	0.0000
Etkileşim (BD)	6	2105.237	350.873	197.0517	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	929.161	51.620	28.9900	0.0000
Etkileşim (CD)	3	384.523	128.174	71.9833	0.0000
Etkileşim (ACD)	9	261.895	29.099	16.3424	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	165.432	27.572	15.4845	0.0000
Etkileşim (ABCD)	18	304.721	16.929	9.5074	0.0000
Hata	864	1538.450	1.781		
Toplam	959	33656.073			

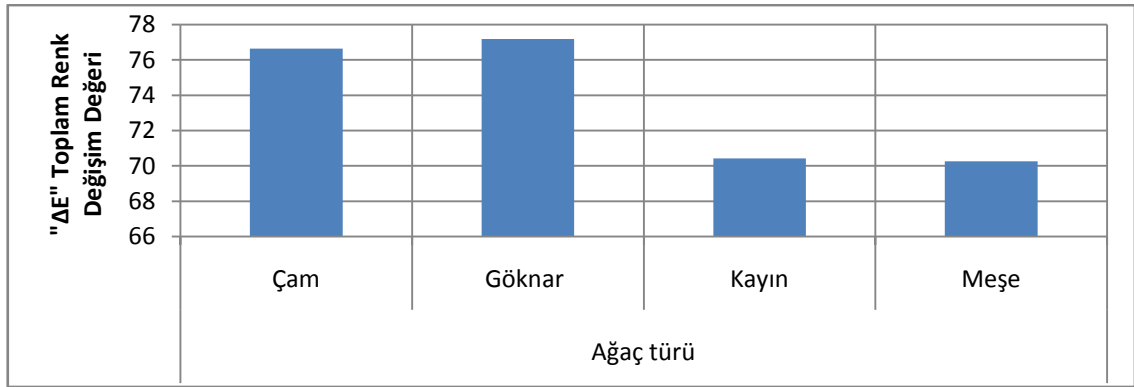
*: Anlamlı ($\alpha= 0,05$ ’e göre).

Varyans analiz sonucuna göre, A, B, C, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.54’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.46’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.54. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
76.64	B	77.19	A*	70.42	C	70.26	C
LSD $\pm$ 0.2391							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek toplam renk değeri ifade etmektedir.



Şekil 3.46. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

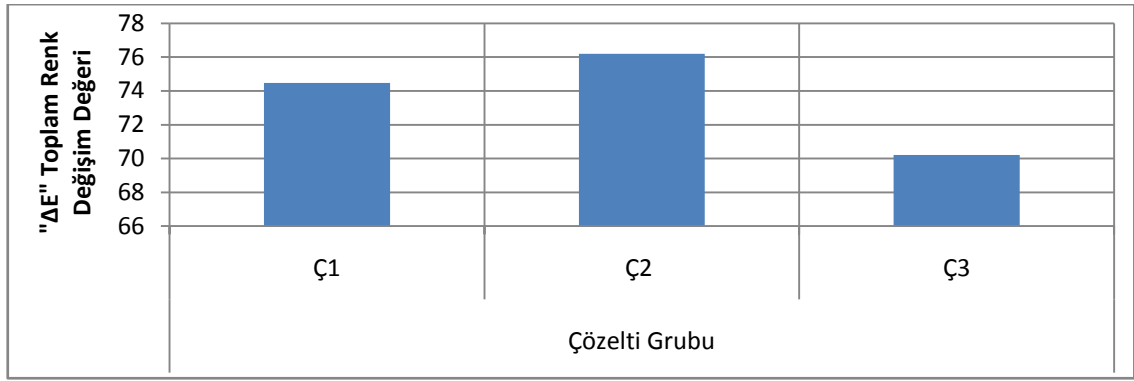
Ağaç türü düzeyinde toplam renk değeri en yüksek gökmar, en düşük meşede tespit edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.55’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.47’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.55. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
74.48	B	76.20	A*	70.21	C
LSD $\pm$ 0.2071					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek toplam renk değeri ifade etmektedir.



Şekil 3.47. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

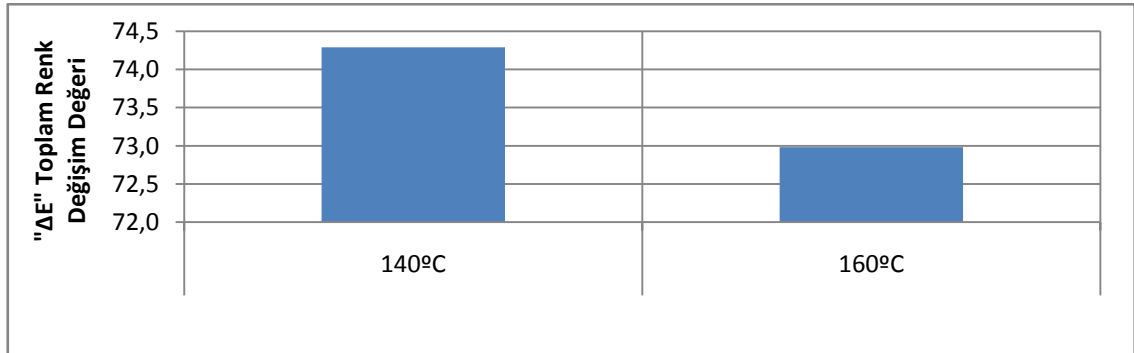
Çizelge 3.55'e göre çözelti grubu düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözelti grubunda elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.56'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.48'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.56. Isıl işlem sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
74.29	A*	72.98	B
LSD $\pm$ 0.1691			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek toplam renk değişim değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.48. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

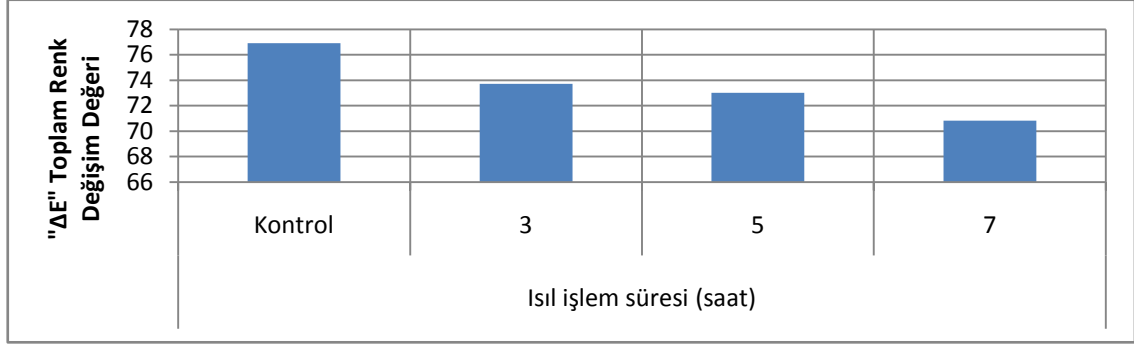
Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde toplam renk değişimi değeri en yüksek 140°C'de, en düşük 160°C sıcaklıkta tespit edilmiştir.

Isıl işlem süresi düzeyine yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.57'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 5.49'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.57. Isıl işlem süresinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
76.93	A*	73.73	B	73.03	C	70.83	D
LSD $\pm$ 0.2391							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.49. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre, toplam renk değişim değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan örneklerde elde edilmiştir.

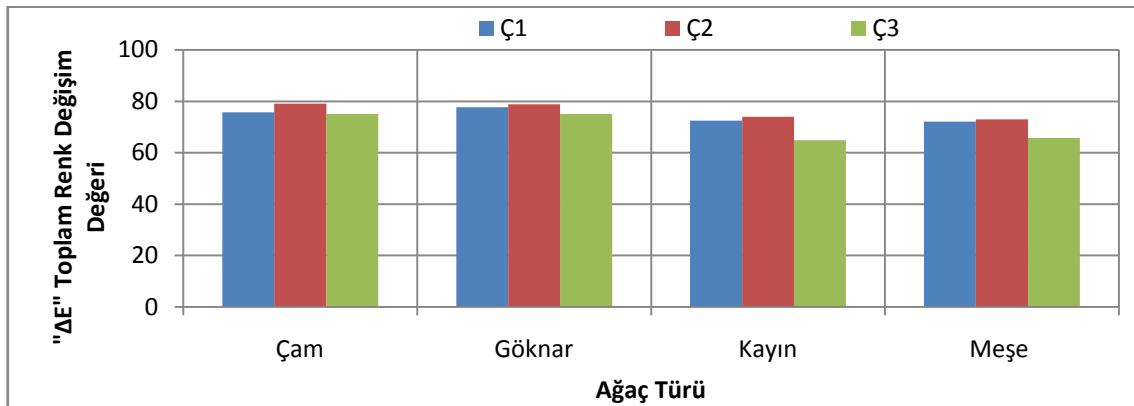
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.58’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.50’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.58. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	Ç1		Ç2		Ç3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	75.74	C	79.09	A*	75.11	D
Gökmar	77.68	B	78.81	A	75.09	D
Kayın	72.45	G	73.96	E	64.86	I
Meşe	72.07	G	72.93	F	65.79	H
LSD $\pm$ 0.4142						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.50. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan çamda, en düşük Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında tespit edilmiştir.

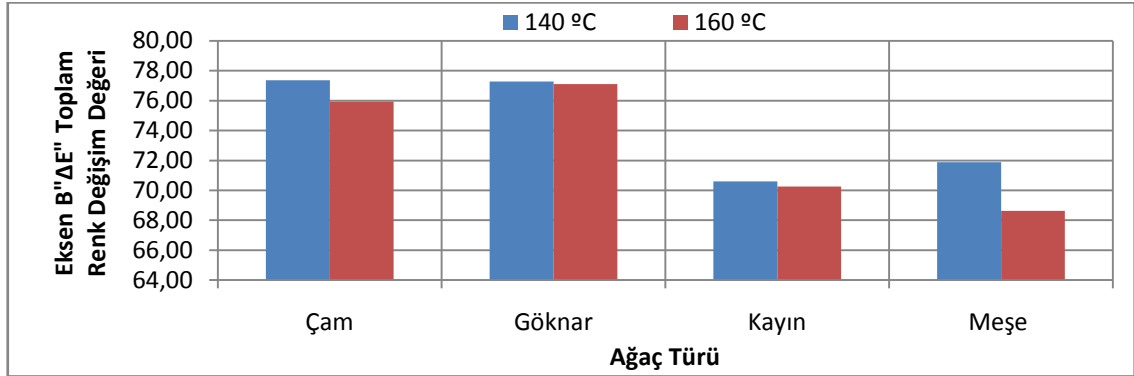
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.59’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.51’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.59. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	77.36	A*	75.92	B
Gökmar	77.29	A	77.10	A
Kayın	70.60	D	70.25	E
Meşe	71.89	C	68.63	F
LSD $\pm$ 0.3382				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.51. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek 140°C ısıtma sıcaklığı uygulanan çamda, en düşük 160°C ısıtma sıcaklığına maruz bırakılan meşede elde edilmiştir.

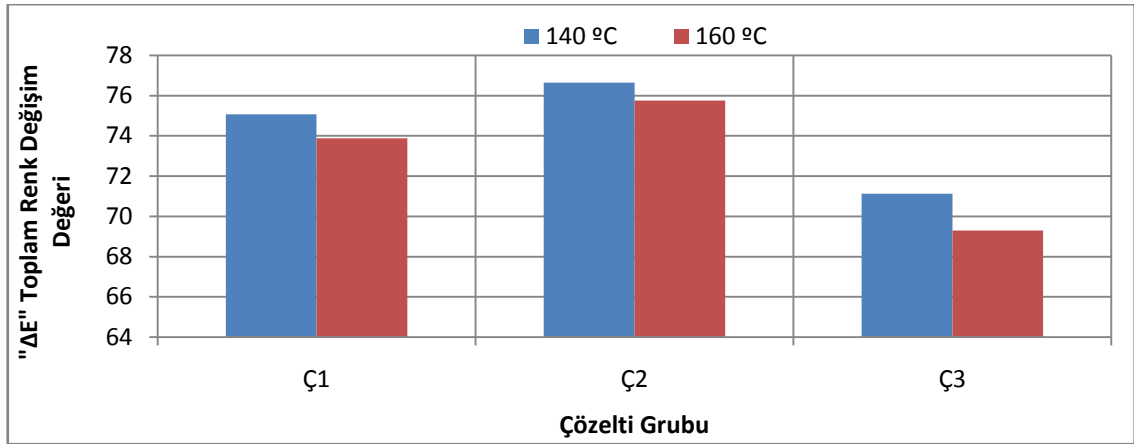
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.60’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.52’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.60. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	75.08	C	73.88	D
Ç2	76.64	A*	75.75	B
Ç3	71.13	E	69.29	F
LSD $\pm$ 0.2928				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.52. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde toplam renk değişim değeri en yüksek 140⁰C’de ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160⁰C’de ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.61’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.53’de gösterilmiştir.

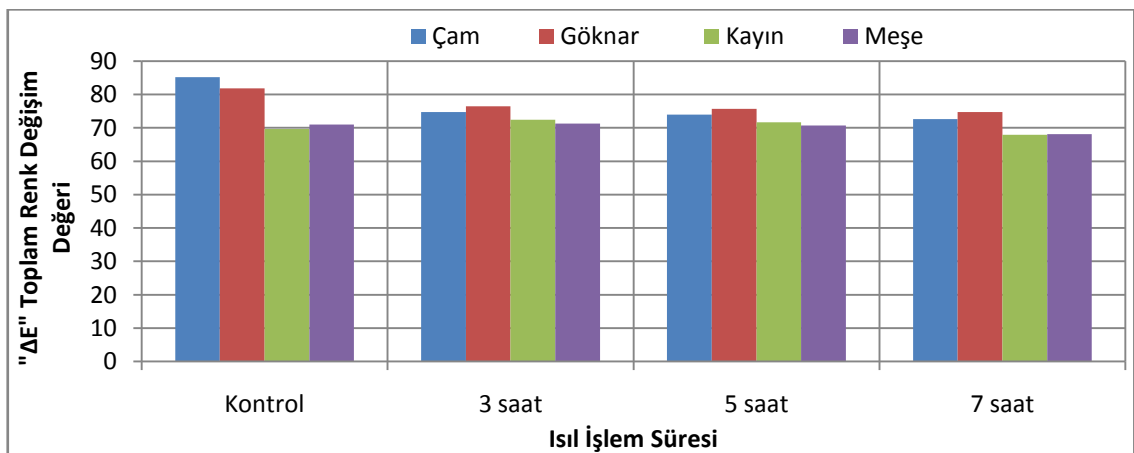
Çizelge 3.61. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	85.24	A*	74.73	E	73.99	F	72.62	G
Gökmar	81.87	B	76.49	C	75.71	D	74.72	E
Kayın	69.64	J	72.47	G	71.67	H	67.91	K
Meşe	70.97	I	71.25	HI	70.74	I	68.09	K

LSD ± 0.4782

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.53. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma maruz bırakılan kayında elde edilmiştir.

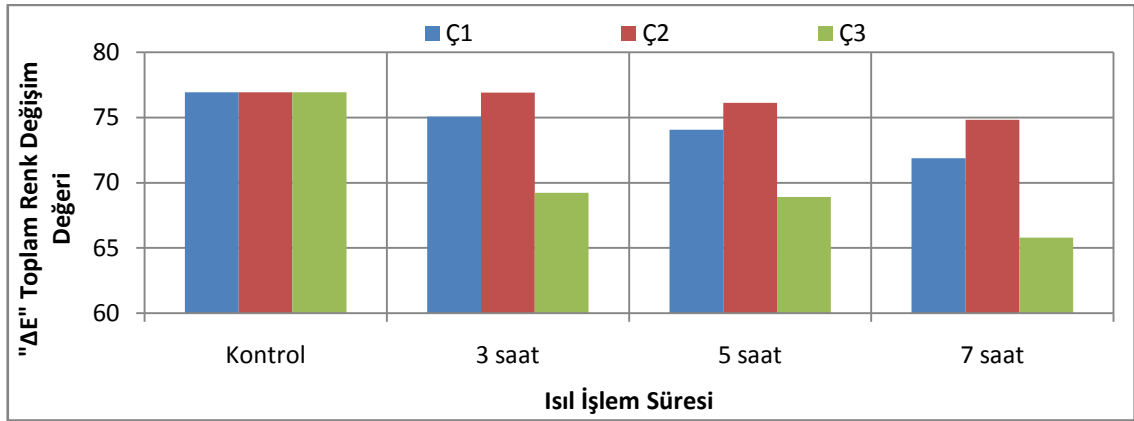
Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.62’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.54’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.62. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	76.93	A*	75.07	C	74.05	D	71.88	E
Ç2	76.93	A	76.90	A	76.13	B	74.83	C
Ç3	76.93	A	69.22	F	68.90	F	65.80	G
LSD $\pm$ 0.4142								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek toplam renk değişim değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.54. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süre ile ısıtılma uygulandıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

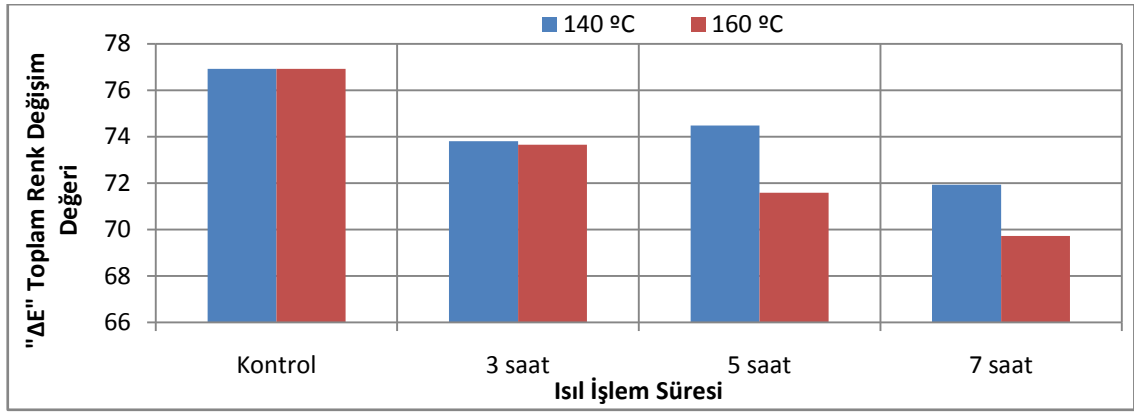
Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.63’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.55’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.63. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	76.93	A*	73.80	C	74.48	B	71.93	D
160 °C	76.93	A	73.66	C	71.58	E	69.73	F
LSD $\pm$ 0.3382								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.55. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, toplam renk değişim değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 160°C’de 7 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan örneklerde elde edilmiştir.

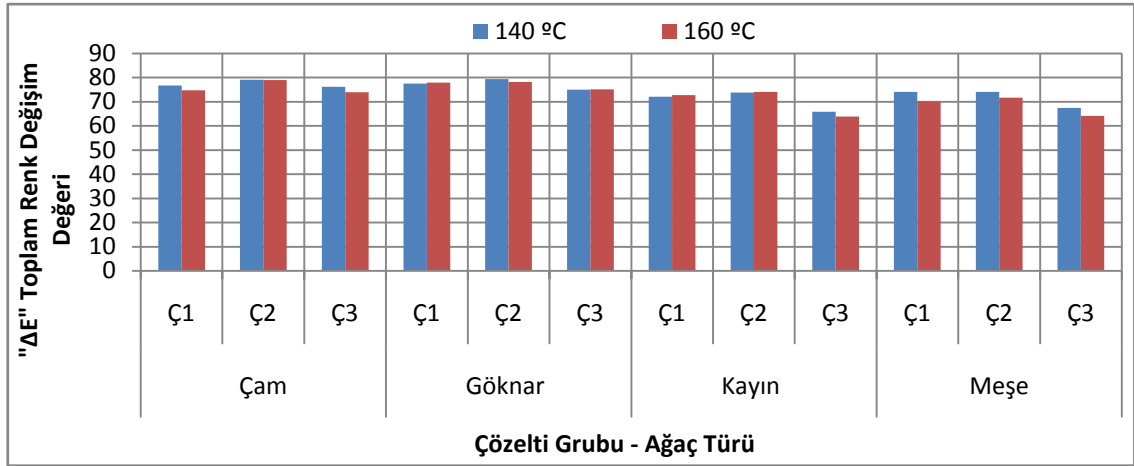
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.64’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.56’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.64. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	76.68	D	74.79	E
	Ç2	79.15	A	79.03	A
	Ç3	76.25	D	73.96	F
Gökmar	Ç1	77.48	C	77.88	BC
	Ç2	79.41	A*	78.21	B
	Ç3	74.99	E	75.20	E
Kayın	Ç1	72.10	H	72.81	G
	Ç2	73.87	F	74.05	F
	Ç3	65.82	K	63.89	L
Meşe	Ç1	74.08	F	70.06	I
	Ç2	74.14	F	71.71	H
	Ç3	67.46	J	64.13	L
LSD ± 0.5857					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

** : **A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.56. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek 140⁰C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda, en düşük 160⁰C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında tespit edilmiştir.

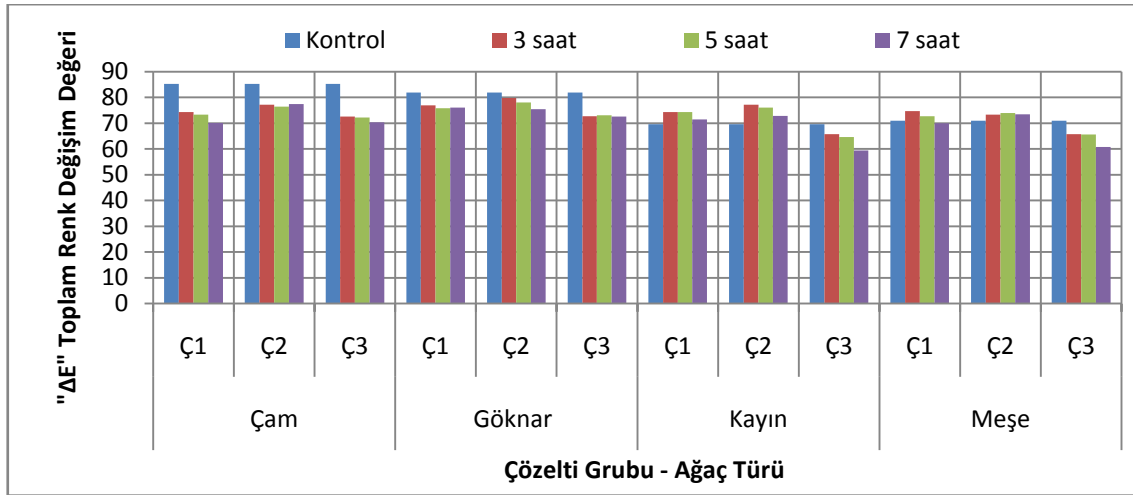
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.65’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.57’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.65. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	85.24	A*	74.32	KL	73.33	MN	70.05	S
	Ç2	85.24	A	77.24	DEF	76.44	FGH	77.45	DE
	Ç3	85.24	A	72.62	NO	72.20	OP	70.36	RS
Göknar	Ç1	81.87	B	76.92	EFG	75.88	HI	76.05	GHI
	Ç2	81.87	B	79.83	C	78.08	D	75.47	IJ
	Ç3	81.87	B	72.71	NO	73.15	MN	72.63	NO
Kayın	Ç1	69.64	S	74.37	KL	74.33	KL	71.47	PQ
	Ç2	69.64	S	77.23	DEF	76.08	GHI	72.89	NO
	Ç3	69.64	S	65.80	T	64.61	U	59.38	W
Meşe	Ç1	70.97	QR	74.69	JK	72.67	NO	69.94	S
	Ç2	70.97	QR	73.32	MN	73.91	KLM	73.51	LMN
	Ç3	70.97	QR	65.74	T	65.66	T	60.81	V
LSD ± 0.8283									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek toplam renk değışim değeri ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.57. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek çam malzemenin kontrol örneklerinde, en düşük toplam 7 saat süre ile ısıtılma tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

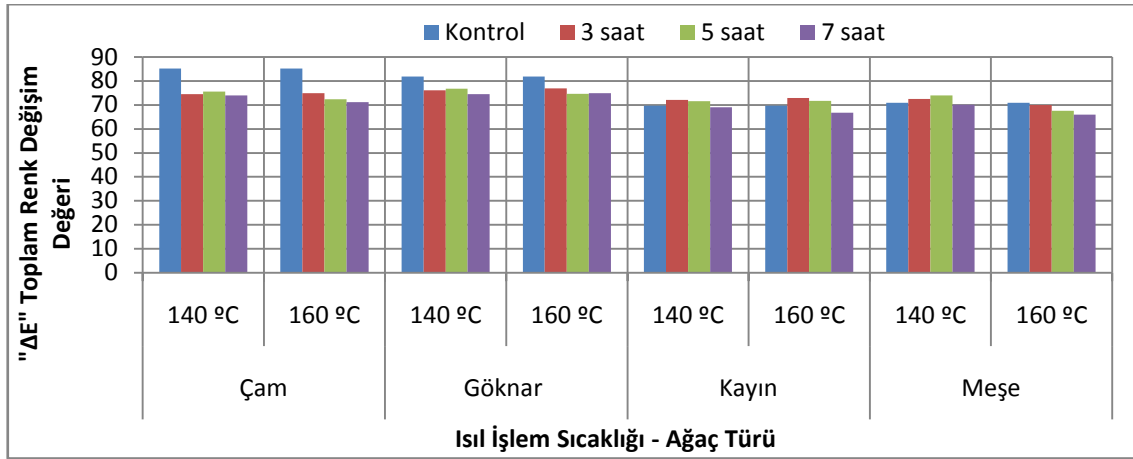
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.66’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.58’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.66. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	85.24	A*	74.56	EF	75.64	D	74.00	F
	160 °C	85.24	A	74.89	E	72.34	GHI	71.23	KL
Gökmar	140 °C	81.87	B	76.06	D	76.75	C	74.48	EF
	160 °C	81.87	B	76.91	C	74.66	EF	74.95	E
Kayın	140 °C	69.64	MN	72.08	HIJ	71.58	JKL	69.09	N
	160 °C	69.64	MN	72.86	G	71.77	IJK	66.73	P
Meşe	140 °C	70.97	L	72.50	GH	73.94	F	70.15	M
	160 °C	70.97	L	69.99	M	67.55	O	66.02	Q
LSD $\pm$ 0.6763									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

** : A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.58. Ağaç türü, ısıtım sıcaklığı ve ısıtım süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıtım sıcaklığı – Isıtım süresi etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıtım uygulanan meşede tespit edilmiştir.

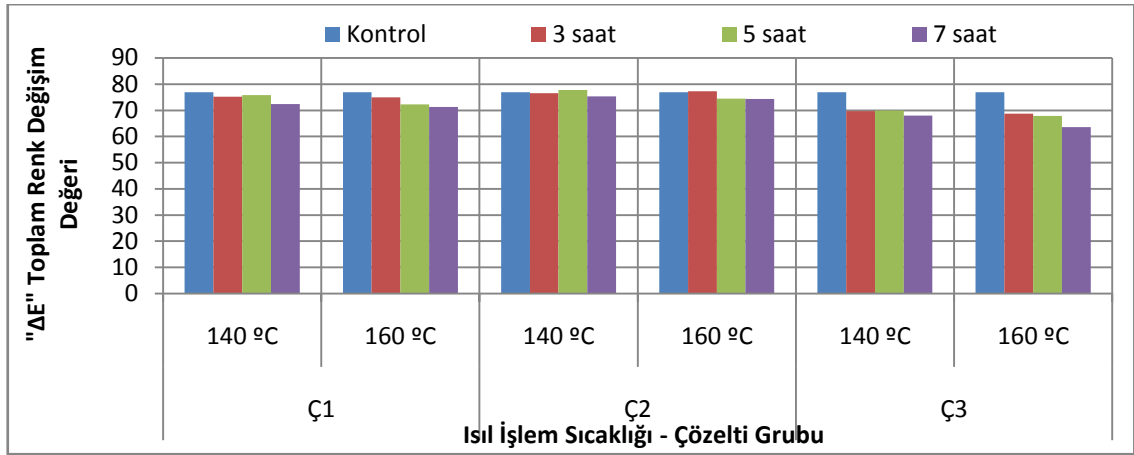
Çözelti grubu – Isıtım sıcaklığı – Isıtım süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.67’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.59’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.67. Çözelti grubu – Isıtım sıcaklığı – Isıtım süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	76.93	BC	75.19	DE	75.80	D	72.42	H
	160 °C	76.93	BC	74.96	EF	72.31	H	71.33	I
Ç2	140 °C	76.93	BC	76.56	C	77.73	A*	75.35	DE
	160 °C	76.93	BC	77.25	AB	74.52	FG	74.30	G
Ç3	140 °C	76.93	BC	69.66	J	69.91	J	68.02	L
	160 °C	76.93	BC	68.77	K	67.90	L	63.57	M
LSD ± 0.5857									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

****B**: Çözelti grubu, **C**: Isıtım sıcaklığı, **D**: Isıtım süresi



Şekil 3.59. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek 140⁰C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıtılma maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160⁰C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıtılma tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

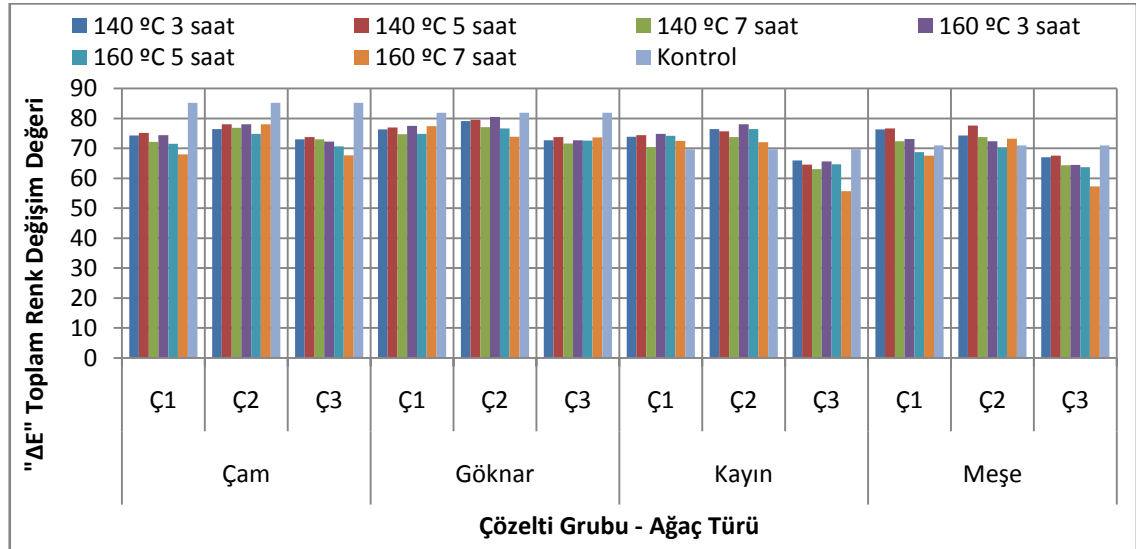
Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.68’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.60’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.68. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			Kontrol
			3 saat	5 saat	7 saat	3 saat	5 saat	7 saat	
Çam	Ç1	$\bar{x}$	74.24	75.13	72.12	74.40	71.53	67.98	85.24
		HG	KLM	IJK	PQRS	J-M	RST	WX	A
	Ç2	$\bar{x}$	76.44	78.07	76.85	78.03	74.81	78.04	85.24
		HG	GHI	EF	FGH	EF	JKL	EF	A
	Ç3	$\bar{x}$	73.01	73.73	73.04	72.23	70.67	67.69	85.24
		HG	M-Q	K-O	M-Q	P-S	TU	WX	A
Gökmar	Ç1	$\bar{x}$	76.34	76.96	74.75	77.50	74.81	77.34	81.87
		HG	GHI	FGH	JKL	FG	JKL	FG	B
	Ç2	$\bar{x}$	79.12	79.57	77.08	80.53	76.59	73.86	81.87
		HG	DE	CD	FGH	BC	GH	KLMN	B
	Ç3	$\bar{x}$	72.72	73.73	71.62	72.70	72.58	73.64	81.87
		HG	N-R	K-O	QRST	N-R	N-R	LMNO	B
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	73.87	74.44	70.45	74.87	74.23	72.49	69.64
		HG	KLMN	JKLM	TU	JKL	KLM	N-R	UV
	Ç2	$\bar{x}$	76.43	75.72	73.71	78.04	76.44	72.06	69.64
		HG	GHI	HIJ	K-O	EF	GHI	PQRS	UV
	Ç3	$\bar{x}$	65.94	64.58	63.11	65.66	64.63	55.65	69.64
		HG	YZ	\	]	Z[	\	_	UV
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	76.30	76.66	72.37	73.08	68.68	67.50	70.97
		HG	GHI	FGH	OPQR	M-P	VW	WX	STU
	Ç2	$\bar{x}$	74.24	77.58	73.77	72.39	70.23	73.24	70.97
		HG	KLM	FG	K-O	O-R	TU	MNOP	STU
	Ç3	$\bar{x}$	66.97	67.58	64.31	64.50	63.73	57.31	70.97
		HG	XY	WX	\]	\	\]	^	STU

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.60. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişim değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan meşede tespit edilmiştir.

3.2. PARLAKLIK DEĞERİ

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama parlaklık değerleri Çizelge 3.69’de verilmiştir.

Çizelge 3.69. Parlaklık ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			**Kontrol
			3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	X _{max}	3.80	3.30	2.90	2.80	3.00	3.30	4.70
		$\bar{X}$	3.48	3.03	2.59	2.03	2.64	2.70	3.81
		X _{min}	3.00	2.60	2.10	1.60	2.20	1.90	2.90
		S	0.21	0.21	0.26	0.35	0.31	0.45	0.55
	Ç2	X _{max}	3.30	3.20	3.40	3.10	3.60	3.20	4.70
		$\bar{X}$	2.71	2.84	2.71	2.27	2.92	2.41	3.81
		X _{min}	2.20	2.00	2.20	1.70	2.00	1.70	2.90
		S	0.41	0.48	0.39	0.37	0.44	0.45	0.55
	Ç3	X _{max}	3.30	3.20	3.30	3.70	3.00	2.80	4.70
		$\bar{X}$	3.08	2.65	2.93	3.15	2.54	2.52	3.81
		X _{min}	2.80	1.50	2.40	2.80	1.80	2.10	2.90
		S	0.19	0.49	0.25	0.33	0.31	0.22	0.55
Gökmar	Ç1	X _{max}	2.90	5.00	2.90	2.40	4.40	3.70	4.60
		$\bar{X}$	2.60	4.34	2.72	2.21	3.52	3.13	3.33
		X _{min}	2.30	3.60	2.40	2.10	2.80	2.60	2.40
		S	0.21	0.39	0.16	0.12	0.59	0.35	0.63
	Ç2	X _{max}	3.30	3.80	2.70	2.70	2.80	2.70	4.60
		$\bar{X}$	3.00	3.50	2.44	2.47	2.54	2.48	3.33
		X _{min}	2.70	3.10	2.30	2.30	2.40	2.20	2.40
		S	0.20	0.28	0.11	0.15	0.17	0.15	0.63
	Ç3	X _{max}	2.20	3.50	2.30	1.90	4.20	2.80	4.60
		$\bar{X}$	2.08	3.10	2.15	1.78	3.36	2.53	3.33
		X _{min}	1.90	2.90	2.00	1.60	2.70	2.30	2.40
		S	0.07	0.18	0.09	0.10	0.44	0.12	0.63

Çizelge 3.69 (devam). Parlaklık ölçümlerinin aritmetik ortalama değerleri.

Kayın	Ç1	X_{max}	2.80	2.70	2.90	2.70	2.50	2.30	2.70
		$\bar{X}$	2.47	2.46	2.68	2.41	2.30	2.08	2.04
		X_{min}	2.10	2.10	2.10	1.80	2.00	1.90	1.60
		S	0.23	0.17	0.27	0.34	0.13	0.11	0.34
	Ç2	X_{max}	2.50	3.10	3.10	2.70	2.70	2.50	2.70
		$\bar{X}$	2.37	2.88	2.76	2.51	2.53	2.36	2.04
		X_{min}	2.20	2.30	2.20	2.00	2.20	2.20	1.60
		S	0.09	0.30	0.25	0.26	0.13	0.10	0.34
	Ç3	X_{max}	2.10	1.90	1.90	2.00	1.90	1.70	2.70
		$\bar{X}$	1.96	1.76	1.76	1.72	1.71	1.54	2.04
		X_{min}	1.90	1.60	1.70	1.30	1.60	1.40	1.60
		S	0.08	0.10	0.07	0.22	0.12	0.09	0.34
Meşe	Ç1	X_{max}	2.70	2.30	2.20	2.40	2.20	2.10	3.40
		$\bar{X}$	2.45	1.98	1.92	2.18	1.91	1.97	2.52
		X_{min}	2.30	1.80	1.40	1.90	1.50	1.80	1.60
		S	0.10	0.11	0.22	0.16	0.23	0.12	0.66
	Ç2	X_{max}	2.80	2.30	3.00	2.30	2.20	3.10	3.40
		$\bar{X}$	2.60	2.16	2.85	2.09	1.94	2.72	2.52
		X_{min}	2.30	2.00	2.60	1.70	1.50	2.10	1.60
		S	0.13	0.11	0.13	0.19	0.21	0.29	0.66
	Ç3	X_{max}	2.4	1.9	2.5	1.9	1.8	2.0	3.40
		$\bar{X}$	2.030	1.640	2.190	1.670	1.560	1.780	2.52
		X_{min}	1.6	1.5	1.9	1.5	1.3	1.6	1.60
		S	0.21	0.14	0.21	0.11	0.14	0.13	0.66

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi

** Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Parlaklık değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.70’de verilmiştir.

Çizelge 3.70. Parlaklık değerleri, ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, α=0.05
Ağaç türü (A)	3	141.490	47.163	378.0868	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	15.925	7.962	63.8304	0.0000
Etkileşim (AB)	6	17.381	2.897	23.2229	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	7.866	7.866	63.0603	0.0000
Etkileşim (AC)	3	0.249	0.083	0.6661	ns**
Etkileşim (BC)	2	0.955	0.477	3.8265	0.0222
Etkileşim (ABC)	6	2.605	0.434	3.4801	0.0021
Isıl işlem süresi (D)	3	44.035	14.678	117.6700	0.0000
Etkileşim (AD)	9	73.505	8.167	65.4730	0.0000
Etkileşim (BD)	6	6.738	1.123	9.0021	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	22.674	1.260	10.0981	0.0000
Etkileşim (CD)	3	4.327	1.442	11.5615	0.0000
Etkileşim (ACD)	9	7.292	0.810	6.4955	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	2.391	0.398	3.1941	0.0042
Etkileşim (ABCD)	18	8.066	0.448	3.5923	0.0000
Hata	864	107.777	0.125		
Toplam	959	463.275			

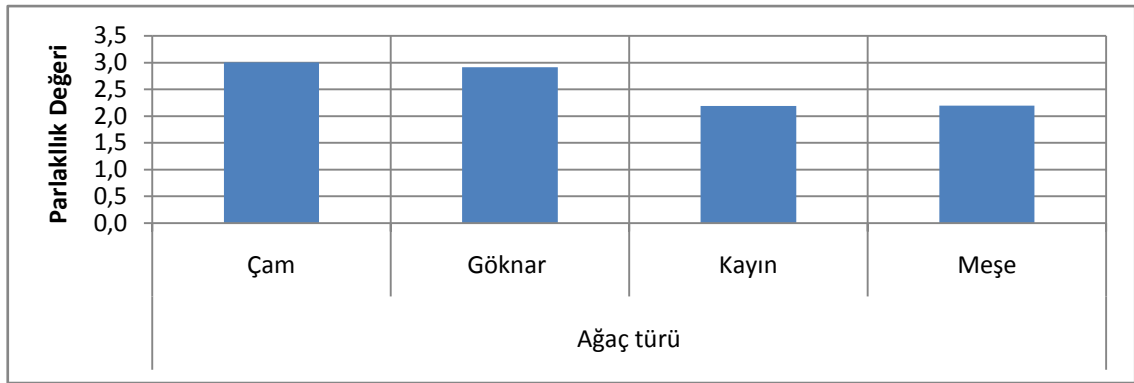
*: Anlamlı (α= 0,05’e göre), **ns: Önemsiz

Varyans analiz sonucuna göre, AC etkileşimi önemsiz, A, B, C, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.71’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.61’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.71. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
3,002	A*	2.914	B	2.187	C	2.198	C
LSD $\pm$ 0.06335							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.61. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

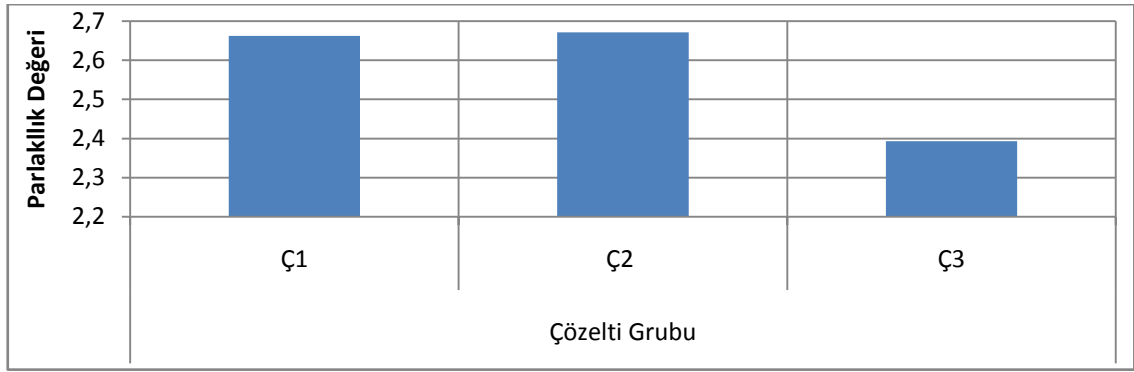
Ağaç türü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek çamda, en düşük kayında elde edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.72’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.62’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.72. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
2,662	A	2,671	A*	2,393	B
LSD $\pm$ 0.05486					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.62. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

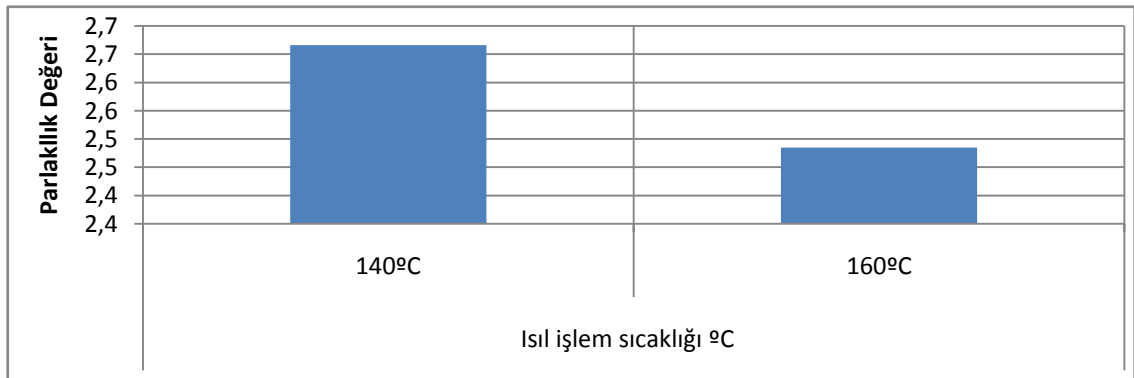
Çizelge 3.72'e göre çözelti grubu düzeyinde parlaklık değeri en yüksek Ç1 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözelti grubunda tespit edilmiştir. Ç1 ve Ç2 değerleri arasında fark gözlenmemiştir.

Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.73'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.63'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.73. Isıl İşlem Sıcaklığının Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
2.666	A*	2.485	B
LSD $\pm$ 0.04874			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.63. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

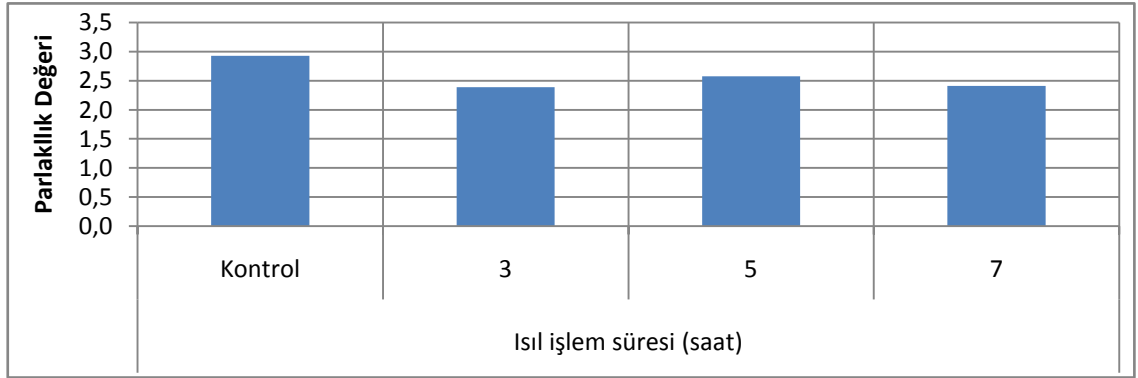
Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek 140°C'de, en düşük 160°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.74’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.64’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.74. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
2.925	A*	2.388	C	2.575	B	2.413	C
LSD $\pm$ 0.06335							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.64. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 3 saat süre ile ısıtılma tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir.

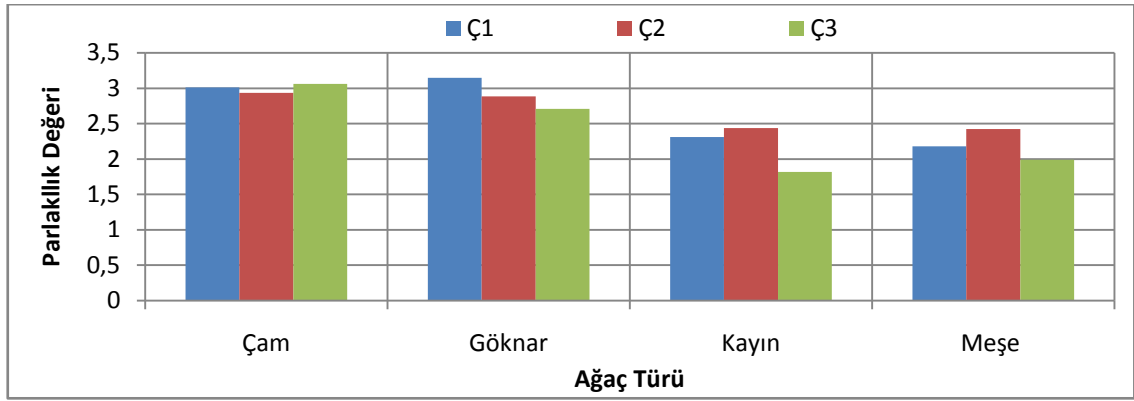
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.75’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.65’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.75. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	Ç1		Ç2		Ç3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	3.011	BC	2.935	CD	3.061	AB
Gökmar	3.147	A	2.886	D	2.707	E
Kayın	2.310	G	2.436	F	1.816	J
Meşe	2.181	H	2.425	F	1.989	I
LSD $\pm$ 0.1097						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.65. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde parlaklık değeri en yüksek Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan gökmar, en düşük Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

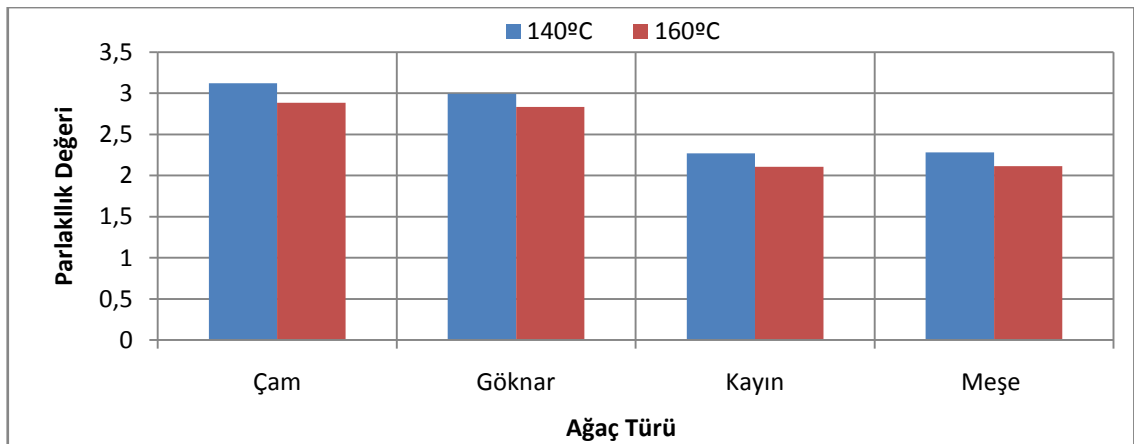
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.76’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.66’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.76. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	3,121	A*	2,884	C
Gökmar	2,993	B	2,834	C
Kayın	2,268	D	2,107	E
Meşe	2,282	D	2,115	E
LSD $\pm$ 0.08959				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.66. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde parlaklık değeri varyans analizi sonucuna uygun olarak önemsiz çıkmıştır.

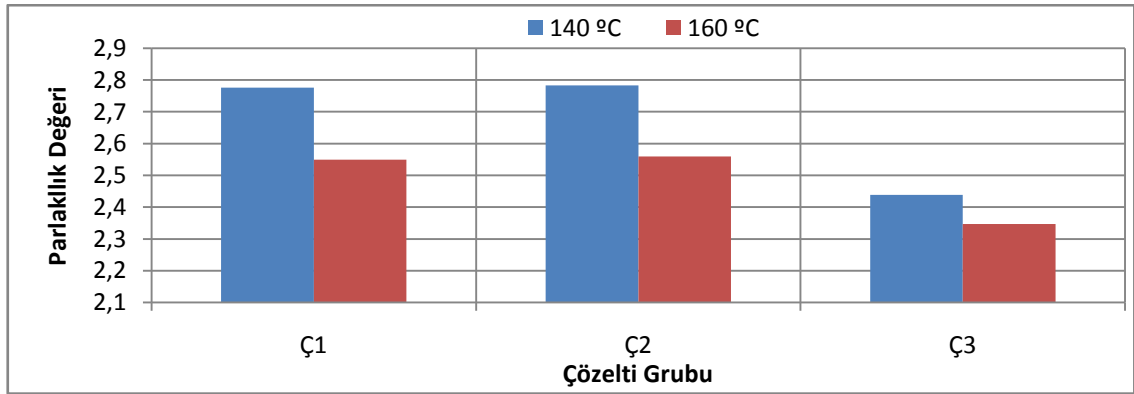
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.77’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.67’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.77. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	2.776	A	2.549	B
Ç2	2.783	A*	2.559	B
Ç3	2.439	C	2.347	D
LSD $\pm$ 0.07758				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.67. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde parlaklık değeri en yüksek 140°C’de ısıtılma maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160°C’de ısıtılma tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

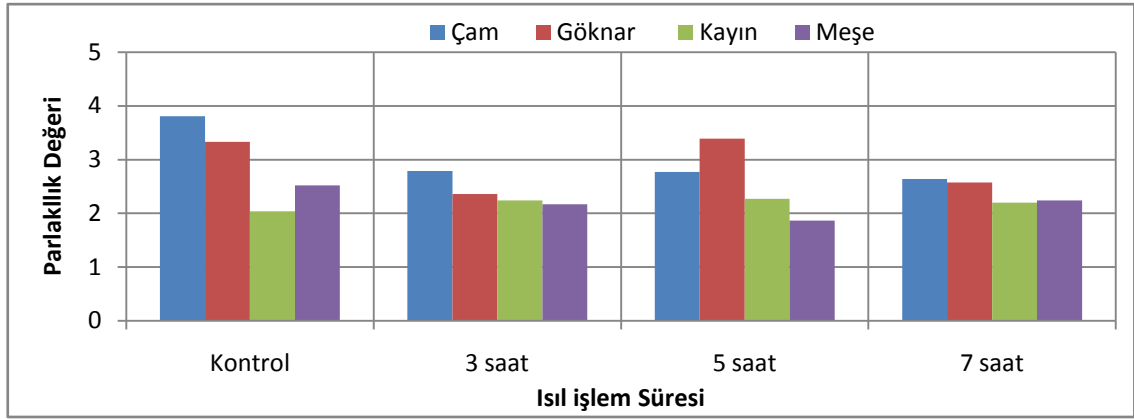
Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.78’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.68’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.78. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	3,810	A*	2,787	C	2,770	CD	2,643	DE
Gökmar	3,330	B	2,357	F	3,393	B	2,575	E
Kayın	2,040	H	2,240	FG	2,273	FG	2,197	G
Meşe	2,520	E	2,170	G	1,865	I	2,238	FG
LSD $\pm$ 0,1267								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.68. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük kayın kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

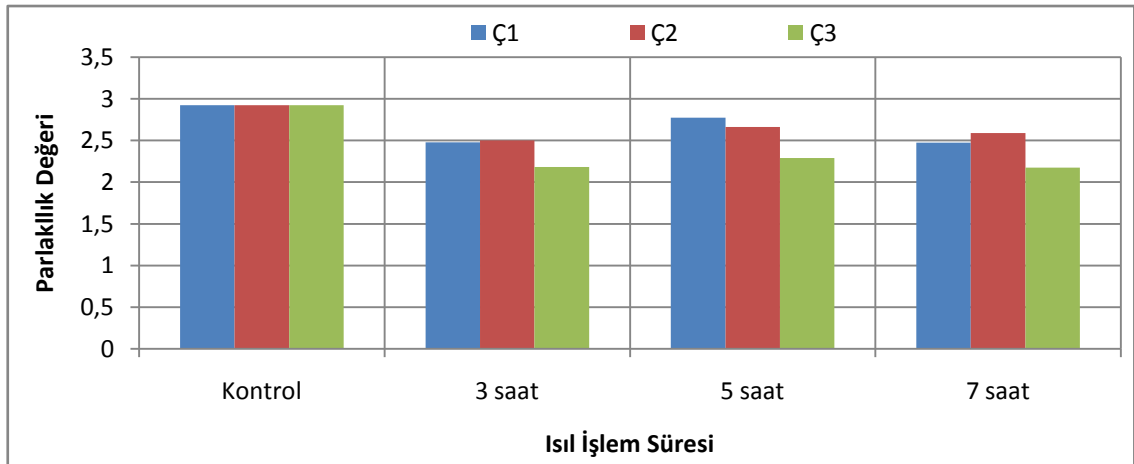
Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.79’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.69’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.79. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	2.925	A*	2.479	D	2.772	B	2.474	D
Ç2	2.925	A	2.502	D	2.664	BC	2.591	CD
Ç3	2.925	A	2.184	E	2.290	E	2.175	E
LSD $\pm$ 0.1097								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.69. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süreli ısıtma işlem uygulandıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

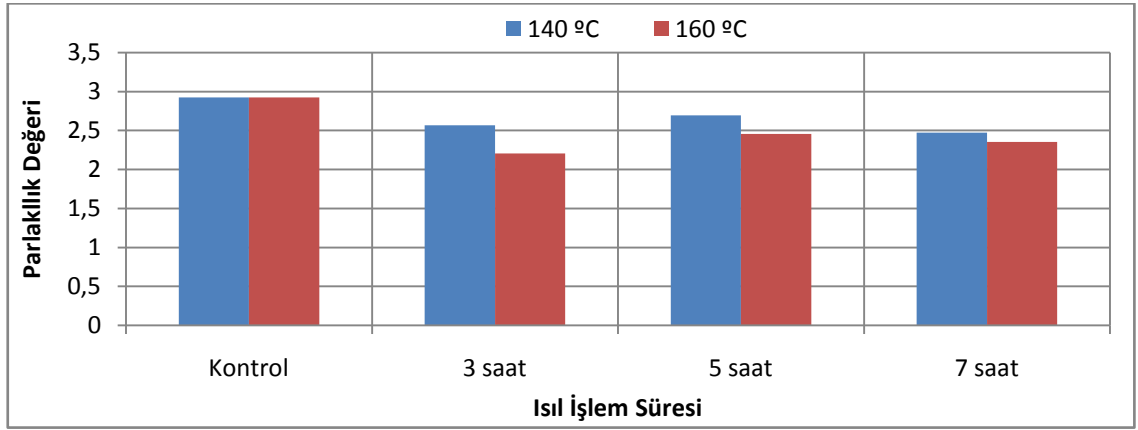
Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.80’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.70’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.80. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	2.925	A*	2.569	C	2.695	B	2.475	D
160 °C	2.925	A	2.207	F	2.456	D	2.352	E
LSD $\pm$ 0.08959								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.70. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 160°C’de 3 saat süre ile ısıtma işlemine tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir.

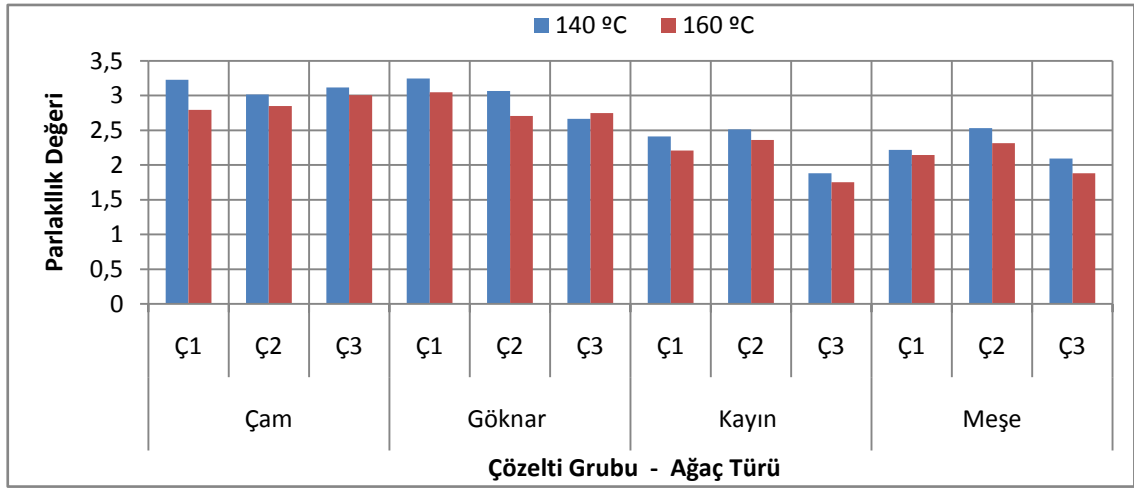
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan üçlü testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.81’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.71’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.81. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	3.227	AB	2.795	EF
	Ç2	3.018	C	2.852	DE
	Ç3	3.117	ABC	3.005	CD
Göknar	Ç1	3.247	A*	3.048	C
	Ç2	3.068	BC	2.705	EF
	Ç3	2.665	FG	2.750	EF
Kayın	Ç1	2.412	HIJ	2.207	KL
	Ç2	2.513	GHI	2.360	IJK
	Ç3	1.880	M	1.752	M
Meşe	Ç1	2.217	KL	2.145	L
	Ç2	2.532	GH	2.317	JK
	Ç3	2.095	L	1.883	M
LSD $\pm$ 0.1688					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.71. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek 140°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda, en düşük 160°C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

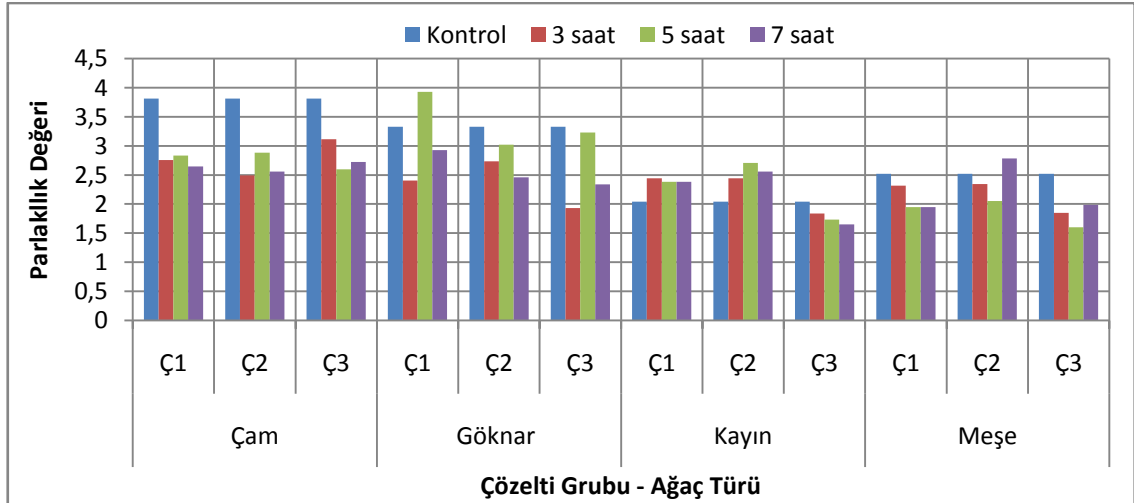
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.82’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.72’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.82. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	3.810	A	2.755	FGHIJ	2.835	EFGH	2.645	G-M
	Ç2	3.810	A	2.490	K-O	2.880	DEFG	2.560	I-O
	Ç3	3.810	A	3.115	BCD	2.595	H-N	2.725	FGHIJK
Göknar	Ç1	3.330	B	2.405	MNO	3.930	A*	2.925	DEF
	Ç2	3.330	B	2.735	FGHIJK	3.020	CDE	2.460	LMNO
	Ç3	3.330	B	1.930	PQ	3.230	BC	2.340	NO
Kayın	Ç1	2.040	P	2.440	MNO	2.380	MNO	2.380	MNO
	Ç2	2.040	P	2.440	MNO	2.705	F-L	2.560	I-O
	Ç3	2.040	P	1.840	PQR	1.735	QRS	1.650	RS
Meşe	Ç1	2.520	J-O	2.315	O	1.945	PQ	1.945	PQ
	Ç2	2.520	J-O	2.345	NO	2.050	P	2.785	EFGHI
	Ç3	2.520	J-O	1.850	PQR	1.600	S	1.985	PQ
LSD $\pm$ 0.2194									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.72. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek, 5 saat süre ile ısıtılma tabi tutulduktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda, en düşük 5 saat süre ile ısıtılma maruz bırakıldıktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan meşede tespit edilmiştir.

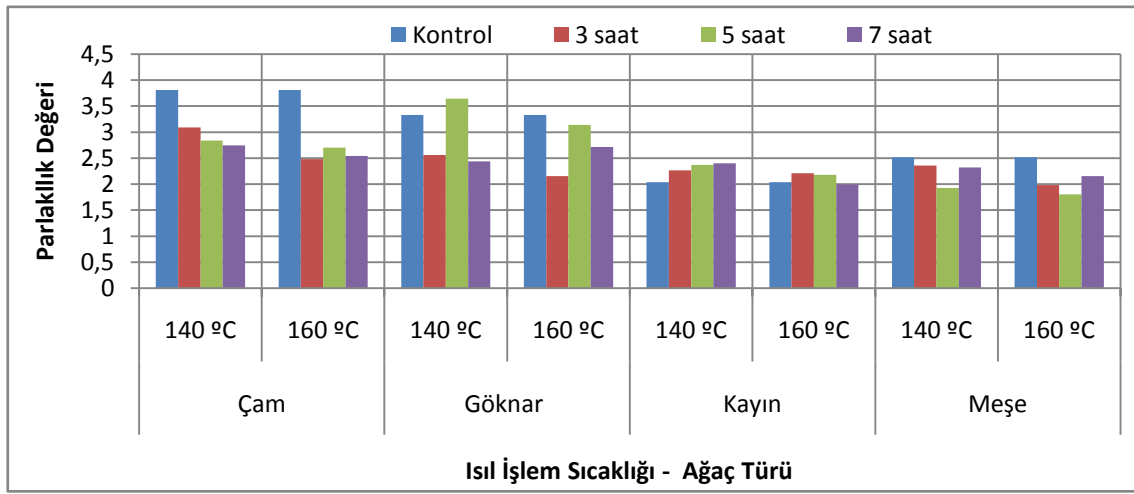
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.83’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.73’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.83. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	3,810	A*	3,090	C	2,840	D	2,743	DE
	160 °C	3,810	A	2,483	GH	2,700	DEF	2,543	FH
Gökmar	140 °C	3,330	B	2,560	EFG	3,647	A	2,437	GHI
	160 °C	3,330	B	2,153	LMN	3,140	C	2,713	DEF
Kayın	140 °C	2,040	MNO	2,267	IJKL	2,367	GHIJK	2,400	GHIJ
	160 °C	2,040	MNO	2,213	JKLM	2,180	KLMN	1,993	NOP
Meşe	140 °C	2,520	FGH	2,360	GHIJK	1,927	OP	2,320	HIJKL
	160 °C	2,520	FGH	1,980	NOP	1,803	P	2,157	LMN
LSD ± 0.1792									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama **HG**: Homojenlik grubu *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.73. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelge sonucuna göre, parlaklık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C’de 5 saat süre ile ısıtılarak uygulanan meşede elde edilmiştir.

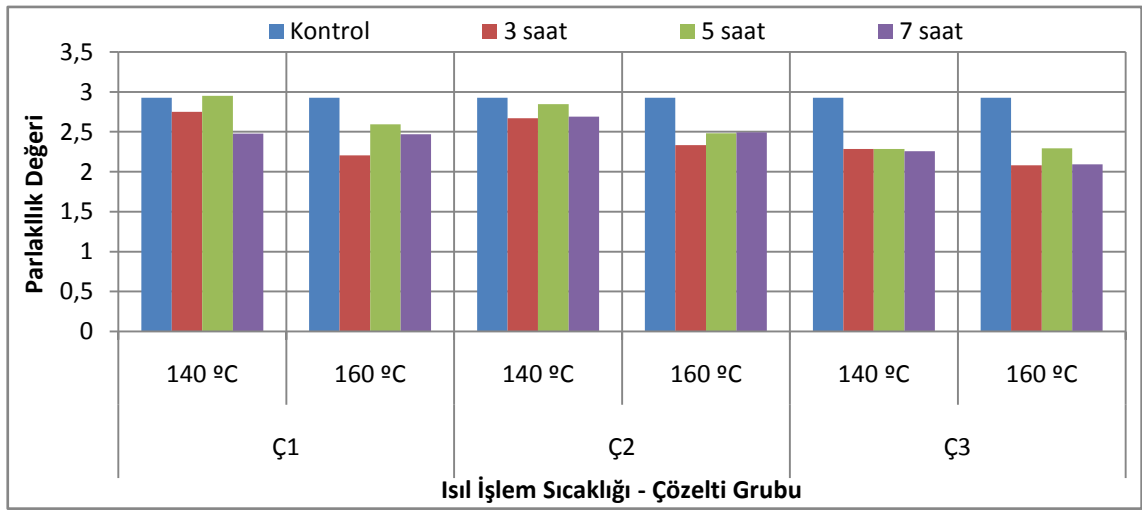
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.84’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.74’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.85. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	2.925	AB	2.750	BCD	2.952	A	2.477	EF
	160 °C	2.925	AB	2.207	GH	2.593	DE	2.470	EF
Ç2	140 °C	2.925	AB	2.670	D	2.845	ABC	2.690	CD
	160 °C	2.925	AB	2.335	FG	2.483	EF	2.493	EF
Ç3	140 °C	2.925	ABC	2.287	IJ	2.287	IJ	2.257	JK
	160 °C	2.925	AB	2.080	H	2.292	G	2.092	H
LSD $\pm$ 0.1552									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

****B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.74. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek 140⁰C’de sıcaklıkta 5 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 160⁰C sıcaklıkta 3 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde tespit edilmiştir.

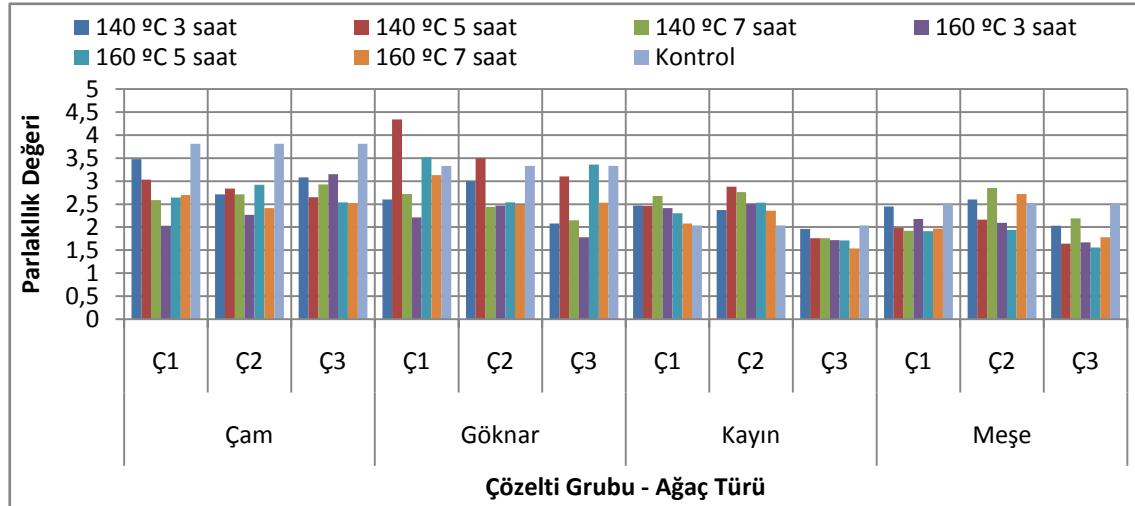
Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.86’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.75’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.86. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD*			140°C			140°C			Kontrol
			3 saat	5 saat	7 saat	3 saat	5 saat	7 saat	
Çam	Ç1	$\bar{x}$	3.480	3.030	2.590	2.030	2.640	2.700	3.810
		HG	BCD	EFGHI	K-T	XYZ[\]	J-S	I-Q	B
	Ç2	$\bar{x}$	2.710	2.840	2.710	2.270	2.920	2.410	3.810
		HG	H-Q	F-O	H-Q	S-Z	F-L	P-X	B
	Ç3	$\bar{x}$	3.080	2.650	2.930	3.150	2.540	2.520	3.810
		HG	EFGH	J-S	F-K	CDEF	L-U	M-U	B
Gökmar	Ç1	$\bar{x}$	2.600	4.340	2.720	2.210	3.520	3.130	3.330
		HG	K-T	A	H-Q	T-Z	BC	DEFG	CDE
	Ç2	$\bar{x}$	3.000	3.500	2.440	2.470	2.540	2.480	3.330
		HG	EFGHIJ	BCD	P-W	N-V	L-U	N-U	CDE
	Ç3	$\bar{x}$	2.080	3.100	2.150	1.780	3.360	2.530	3.330
		HG	W-\	EFG	U-[-	[\]^_`	CDE	M-U	CDE
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	2.470	2.460	2.680	2.410	2.300	2.080	2.040
		HG	N-V	N-W	I-R	P-X	R-Z	W-\	XYZ[\]
	Ç2	$\bar{x}$	2.370	2.880	2.760	2.510	2.530	2.360	2.040
		HG	P-X	F-M	G-P	M-U	M-U	Q-Y	XYZ[\]
	Ç3	$\bar{x}$	1.960	1.760	1.760	1.720	1.710	1.540	2.040
		HG	Z[\]^	[\]^_`	[\]^_`	[\]^_`	[\]^_`	`	XYZ[\]
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	2.450	1.980	1.920	2.180	1.910	1.970	2.520
		HG	O-W	YZ[\]^	Z[\]^_`	U-Z	Z[\]^_`	Z[\]^	M-U
	Ç2	$\bar{x}$	2.600	2.160	2.850	2.090	1.940	2.720	2.520
		HG	K-T	U-[-	F-N	V-\	Z[\]^	H-Q	M-U
	Ç3	$\bar{x}$	2.030	1.640	2.190	1.670	1.560	1.780	2.520
		HG	XYZ[\]	^_`	U-Z	[\]^_`	_`	[\]^_`	M-U

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.75. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek çam kontrol örneklerinde, en düşük 160°C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan kayında elde edilmiştir.

3.3. SERTLİK DEĞERİ

Farklı sıcaklıklarda ısıtılma işlemi tabi tutulmuş farklı ağaç malzemelerin çeşitli çözelti grupları ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra elde edilen ortalama sertlik değerleri Çizelge 3.87’de verilmiştir.

Çizelge 3.87. Sertlik direnci aritmetik ortalama değerleri.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			**Kontrol
			3	5	7	3	5	7	
Çam	Ç1	X _{max}	54.00	54.00	52.00	54.00	55.00	56.00	43.00
		$\bar{X}$	50.10	52.90	48.30	50.80	50.60	49.90	38.60
		X _{min}	44.00	52.00	45.00	46.00	47.00	47.00	36.00
		S	3.315	0.876	1.767	2.486	2.366	2.424	2.066
	Ç2	X _{max}	63.00	64.00	56.00	55.00	52.00	59.00	43.00
		$\bar{X}$	56.90	60.80	52.00	51.30	47.90	54.20	38.60
		X _{min}	50.00	52.00	46.00	48.00	45.00	51.00	36.00
		S	4.383	3.327	3.055	2.406	1.912	3.225	2.066
	Ç3	X _{max}	58.00	57.00	59.00	49.00	58.00	60.00	43.00
		$\bar{X}$	51.70	53.10	52.60	44.30	52.30	51.00	38.60
		X _{min}	45.00	47.00	47.00	41.00	46.00	45.00	36.00
		S	3.802	2.961	3.373	2.406	3.683	4.269	2.066
Gökmar	Ç1	X _{max}	56.00	41.00	46.00	52.00	59.00	61.00	38.00
		$\bar{X}$	49.70	36.00	42.10	47.00	45.70	58.80	32.80
		X _{min}	47.00	33.00	39.00	44.00	32.00	53.00	29.00
		S	2.669	2.944	2.378	2.160	9.141	2.530	2.530
	Ç2	X _{max}	47.00	49.00	59.00	59.00	59.00	59.00	38.00
		$\bar{X}$	40.90	41.00	52.60	51.90	55.20	50.70	32.80
		X _{min}	35.00	34.00	48.00	40.00	52.00	44.00	29.00
		S	3.635	3.771	3.307	5.384	2.044	5.034	2.530
	Ç3	X _{max}	56.00	46.00	58.00	48.00	47.00	43.00	38.00
		$\bar{X}$	49.50	39.10	46.70	44.90	36.90	36.60	32.80
		X _{min}	45.00	34.00	41.00	42.00	31.00	33.00	29.00
		S	3.136	4.012	6.075	2.331	4.306	3.026	2.530

Çizelge 3.87 (devam). Sertlik direnci aritmetik ortalama değerleri.

Kayın	Ç1	X_{max}	61.00	53.00	55.00	55.00	58.00	58.00	66.00
		$\bar{X}$	56.60	51.30	51.30	50.70	53.00	54.80	60.10
		X_{min}	54.00	49.00	45.00	45.00	51.00	52.00	55.00
		S	2.011	1.337	2.946	2.830	1.944	2.044	2.946
	Ç2	X_{max}	64.00	56.00	59.00	60.00	62.00	64.00	66.00
		$\bar{X}$	59.70	52.00	53.90	53.40	57.80	60.90	60.10
		X_{min}	56.00	49.00	51.00	49.00	51.00	52.00	55.00
		S	2.710	1.944	2.558	2.961	3.615	3.573	2.946
	Ç3	X_{max}	62.00	59.00	61.00	56.00	56.00	62.00	66.00
		$\bar{X}$	59.20	54.00	56.40	51.40	53.30	56.60	60.10
		X_{min}	56.00	50.00	54.00	47.00	50.00	53.00	55.00
		S	1.932	2.749	2.716	2.836	1.947	3.169	2.94
Meşe	Ç1	X_{max}	58.00	58.00	54.00	54.00	51.00	51.00	58.00
		$\bar{X}$	50.80	49.70	51.30	49.90	45.40	46.00	54.40
		X_{min}	44.00	45.00	48.00	44.00	43.00	41.00	51.00
		S	3.853	4.423	1.829	2.757	2.413	3.333	2.271
	Ç2	X_{max}	61.00	54.00	70.00	56.00	58.00	68.00	58.00
		$\bar{X}$	56.60	48.90	65.60	51.90	50.60	56.30	54.40
		X_{min}	52.00	45.00	56.00	47.00	44.00	51.00	51.00
		S	2.951	2.767	4.218	2.470	3.373	4.644	2.271
	Ç3	X_{max}	58.00	55.00	66.00	57.00	50.00	57.00	58.00
		$\bar{X}$	49.60	48.80	61.10	48.50	45.20	53.20	54.40
		X_{min}	44.00	45.00	56.00	43.00	40.00	49.00	51.00
		S	4.766	3.425	3.446	4.158	2.974	2.300	2.271

*: A: Ağaç türü, B: Çözelti Grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi

** Kontrol örneklerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır.

Sertlik değerleri, ağaç türü, çözelti grubu, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresine göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Çoklu Varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 3.88’de verilmiştir.

Çizelge 3.88. Sertlik direncine ağaç türü, çözelti çeşidi, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, α=0.05
Ağaç türü (A)	3	24050.561	8016.854	793.4660	0.0000*
Çözelti Grubu (B)	2	1638.956	819.478	81.1076	0.0000
Etkileşim (AB)	6	765.960	127.660	12.6351	0.0000
Isıl İşlem Sıcaklığı (C)	1	119.709	119.709	11.8482	0.0006
Etkileşim (AC)	3	1066.386	355.462	35.1818	0.0000
Etkileşim (BC)	2	637.619	318.809	31.5541	0.0000
Etkileşim (ABC)	6	1031.098	171.850	17.0088	0.0000
Isıl işlem süresi (D)	3	5066.461	1688.820	167.1506	0.0000
Etkileşim (AD)	9	15052.693	1672.521	165.5374	0.0000
Etkileşim (BD)	6	788.585	131.431	13.0083	0.0000
Etkileşim (ABD)	18	2070.298	115.017	11.3837	0.0000
Etkileşim (CD)	3	426.036	142.012	14.0556	0.0000
Etkileşim (ACD)	9	1836.384	204.043	20.1951	0.0000
Etkileşim (BCD)	6	506.623	84.437	8.3571	0.0000
Etkileşim (ABCD)	18	2238.794	124.377	12.3102	0.0000
Hata	864	8729.500	10.104		
Toplam	959	66025.666			

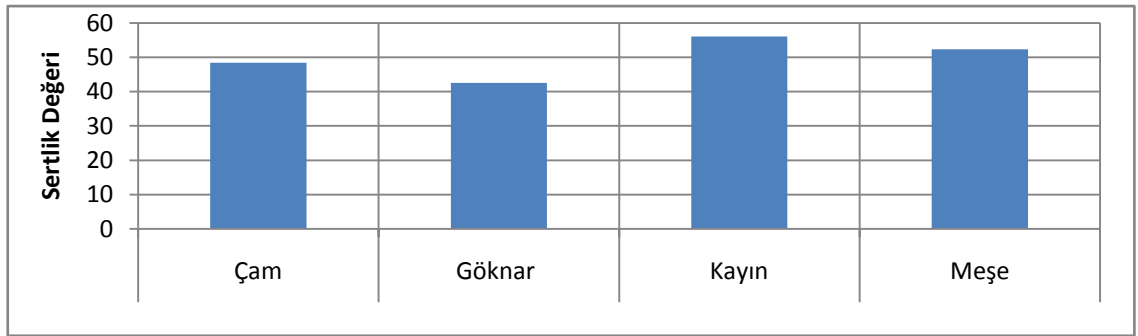
*: Anlamlı (α= 0,05’e göre)

Varyans analiz sonucuna göre, A, B, C, D faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0,05$). LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.89’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.76’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.89. Ağaç türü Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü							
Çam		Gökmar		Kayın		Meşe	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
48.43	C	42.59	D	56.12	A*	52.33	B
LSD $\pm$ 0.5695							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.76. Ağaç türüne ait karşılaştırma sonuçları.

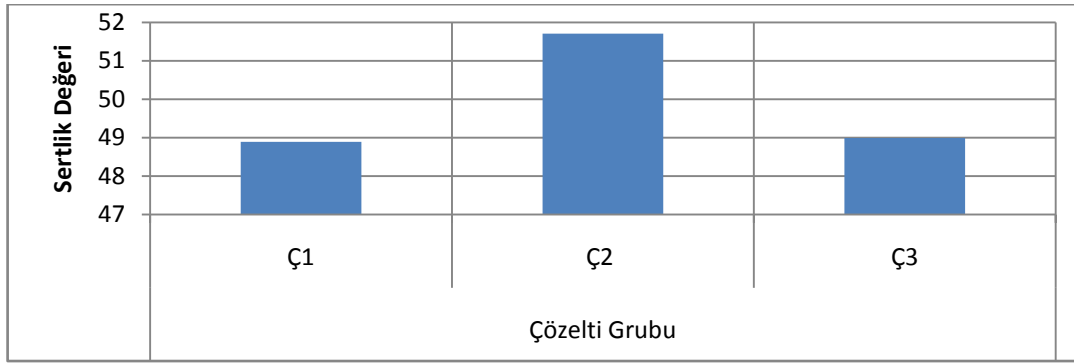
Ağaç türü düzeyinde sertlik değeri en yüksek kayında, en düşük değer göknarda elde edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.90’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.77’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.90. Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Çözelti Grubu					
Ç1		Ç2		Ç3	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
48.89	B	51.71	A*	48.99	B
LSD $\pm$ 0.4932					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.77. Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

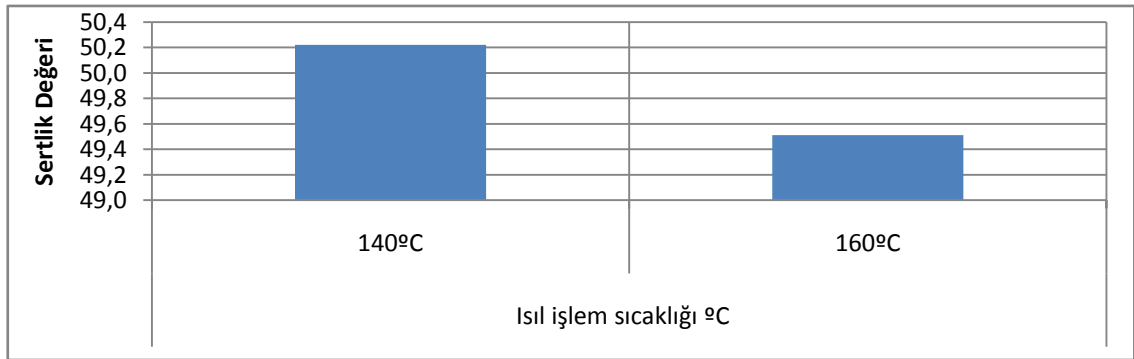
Çizelge 3.90'a göre, çözelti grubu düzeyinde sertlik değeri, en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç3 ve Ç2 çözelti grubunda tespit edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.91'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.78'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.91. Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem sıcaklığı °C			
140		160	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
50.22	A*	49.51	B
LSD $\pm$ 0.4027			

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama HG: Homojenlik grubu * : En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.78. Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

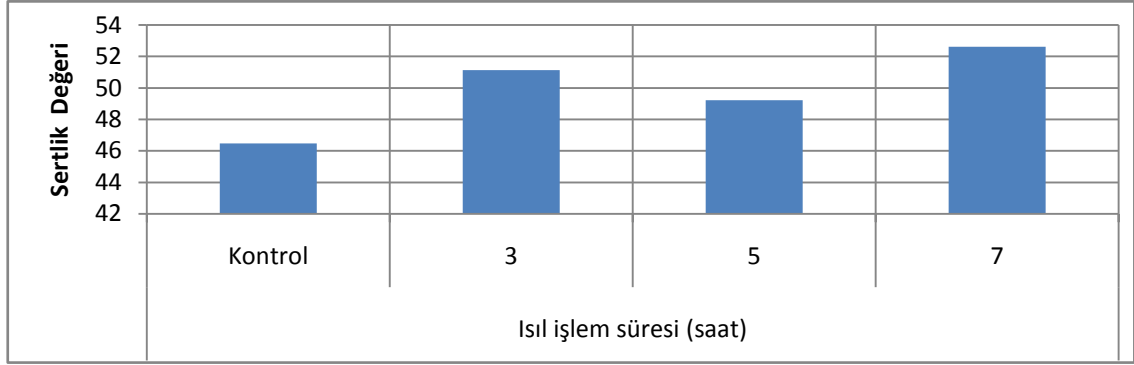
Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde sertlik değeri en yüksek 140°C'de, en düşük 160°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.92'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.79'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.92. Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Isıl işlem süresi (saat)							
Kontrol		3		5		7	
$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
46.47	D	51.14	B	49.23	C	52.62	A
LSD $\pm$ 0.5695							

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.



Şekil 3.79. Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelgeye göre, sertlik değeri en yüksek 7 saat süre ile ısıtıl işlemeye tabi tutulan örneklerde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

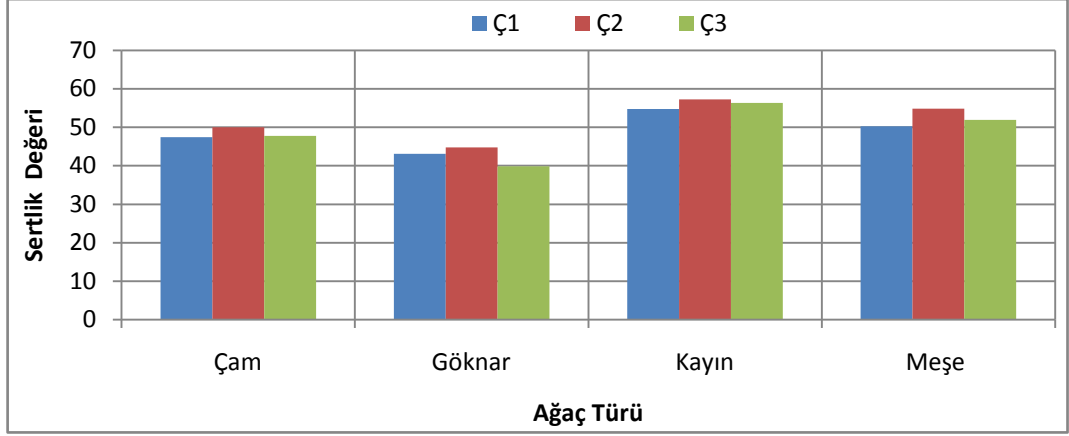
Ağaç türü – Çözelti grubu düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.93’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.80’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.93. Ağaç türü – Çözelti grubu Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AB	Ç1		Ç2		Ç3	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	47.47	E	50.04	D	47.78	E
Gökna	43.11	G	44.74	F	39.91	H
Kayın	54.74	B	57.24	A*	56.39	A
Meşe	50.24	D	54.84	B	51.90	C
LSD $\pm$ 0.9864						

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu



Şekil 3.80. Ağaç türü – Çözelti grubuna ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda elde edilmiştir.

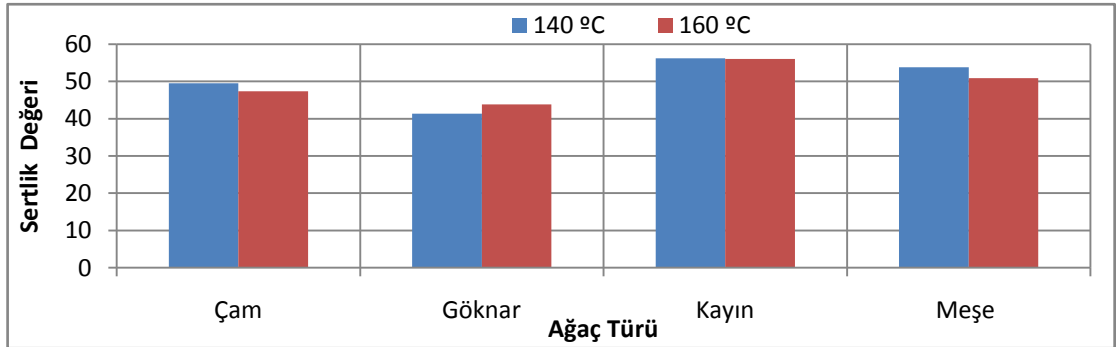
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.94’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.81’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.94. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AC	140°C		160°C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	49.52	D	47.34	E
Gökmar	41.33	G	43.84	F
Kayın	56.22	A*	56.02	A
Meşe	53.80	B	50.85	C
LSD $\pm$ 0.8054				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.81. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları

Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek 140⁰C ısıtma sıcaklığı uygulanan kayında, en düşük 140⁰C ısıtma sıcaklığına maruz bırakılan göknarda tespit edilmiştir.

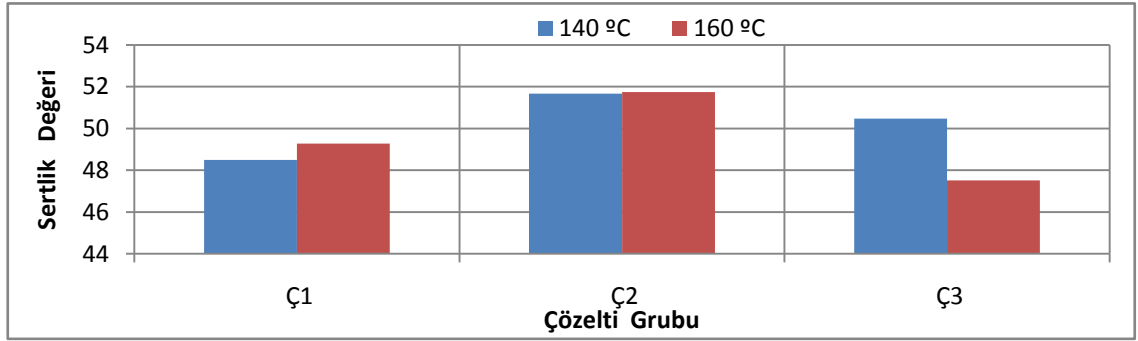
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.95’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.82’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.95. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BC	140 ⁰ C		160 ⁰ C	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	48.50	D	49.28	C
Ç2	51.67	A	51.75	A*
Ç3	50.48	B	47.51	E
LSD $\pm$ 0.6975				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.82. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonucu.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı etkileşimi düzeyinde sertlik değeri en yüksek 160⁰C’de ısıtma işlemine maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük 140⁰C’de ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra Ç3 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde elde edilmiştir.

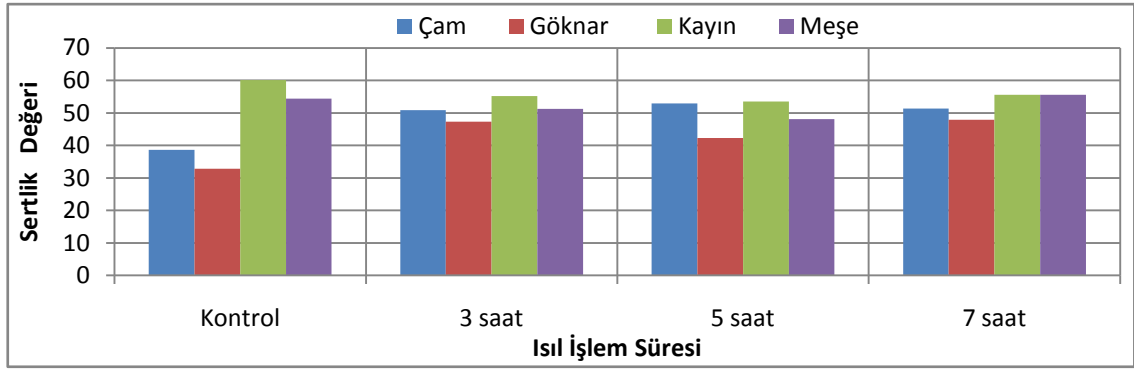
Ağaç türü – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.96’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.83’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.96. Ağaç türü – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör AD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	38.60	I	50.85	F	52.93	E	51.33	F
Gökmar	32.80	J	47.32	G	42.32	H	47.92	G
Kayın	60.10	A*	55.17	BC	53.57	DE	55.65	B
Meşe	54.40	CD	51.22	F	48.10	G	55.58	BC
LSD $\pm$ 1.139								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

A: Ağaç türü, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.83. Ağaç türü – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonucu.

Ağaç türü – Isıl işlem süresi etkileşim düzeyinde, sertlik değeri en yüksek kayın kontrol örneklerinde, en düşük göknar kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

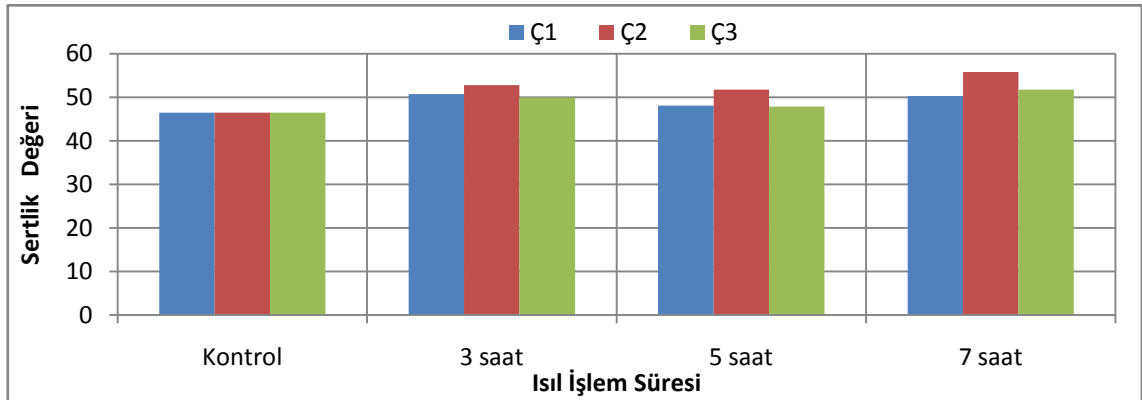
Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.97’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.84’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.97. Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör BD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	46.47	F	50.70	D	48.08	E	50.31	D
Ç2	46.47	F	52.83	B	51.78	C	55.78	A*
Ç3	46.47	F	49.89	D	47.84	E	51.78	C
LSD $\pm$ 0.9864								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

B: Çözelti grubu, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.84. Çözelti grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek, 7 saat süre ile ısıtıl işlem uygulandıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük, kontrol örneklerde tespit edilmiştir.

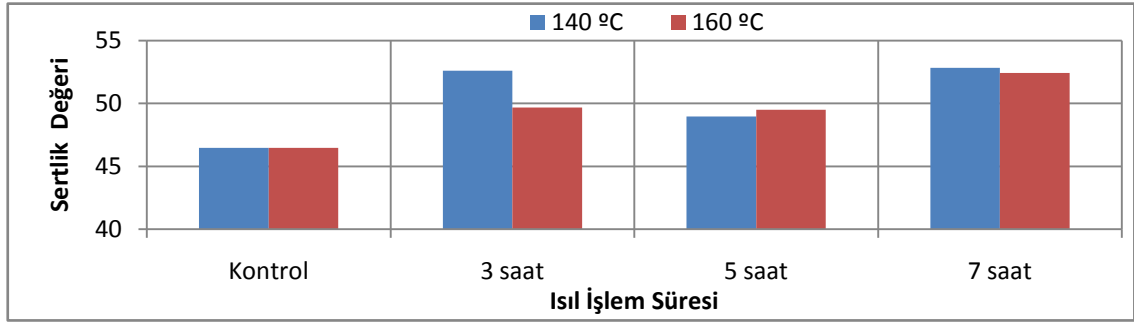
Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.98’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.85’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.98. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör CD	Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
140 °C	46.47	C	52.61	A	48.97	B	52.83	A
160 °C	46.47	C	49.67	B	49.49	B	52.42	A
LSD $\pm$ 0.8054								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

C: Isıl işlem sıcaklığı, D: Isıl işlem süresi



Şekil 3.85. Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, sertlik değeri en yüksek 140°C’de 3 saat süre ile ısıtılma maruz bırakılan örneklerde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

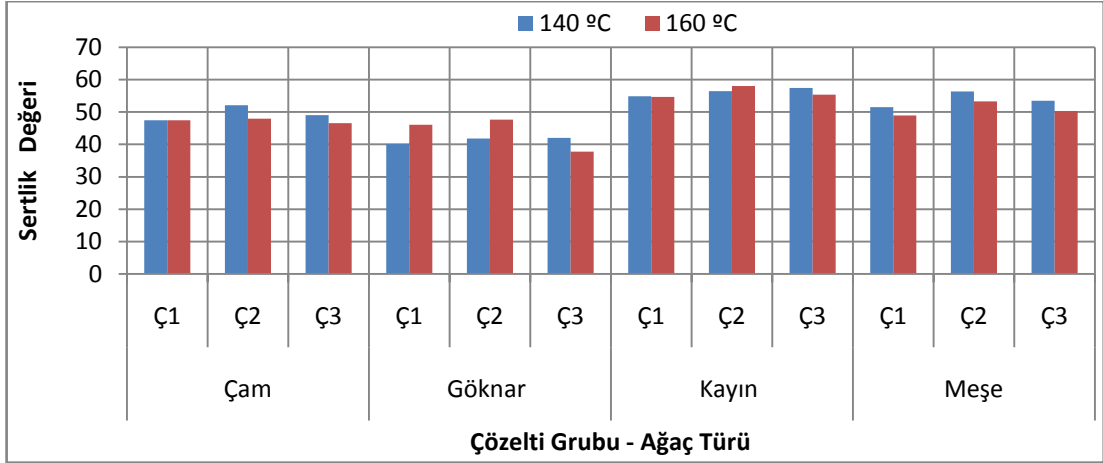
Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.99’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.86’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.99. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABC**		140°C		160°C	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	47.47	KLM	47.47	KLM
	Ç2	52.08	GH	48.00	KL
	Ç3	49.00	JK	46.55	LM
Gökmar	Ç1	40.15	O	46.08	M
	Ç2	41.83	N	47.65	KL
	Ç3	42.03	N	37.80	P
Kayın	Ç1	54.83	DE	54.65	DEF
	Ç2	56.42	BC	58.05	A*
	Ç3	57.42	AB	55.35	CD
Meşe	Ç1	51.55	HI	48.92	JK
	Ç2	56.38	BC	53.30	FG
	Ç3	53.47	EFG	50.33	IJ
LSD $\pm$ 1.395					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

**A: Ağaç türü, B: Çözelti grubu, C: Isıl işlem sıcaklığı



Şekil 3.86. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığına ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklık etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek 160°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan kayında, en düşük 140°C sıcaklıkta ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç1 çözelti grubu ile rengi açılan göknarda tespit edilmiştir.

Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.100’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.87’de gösterilmiştir.

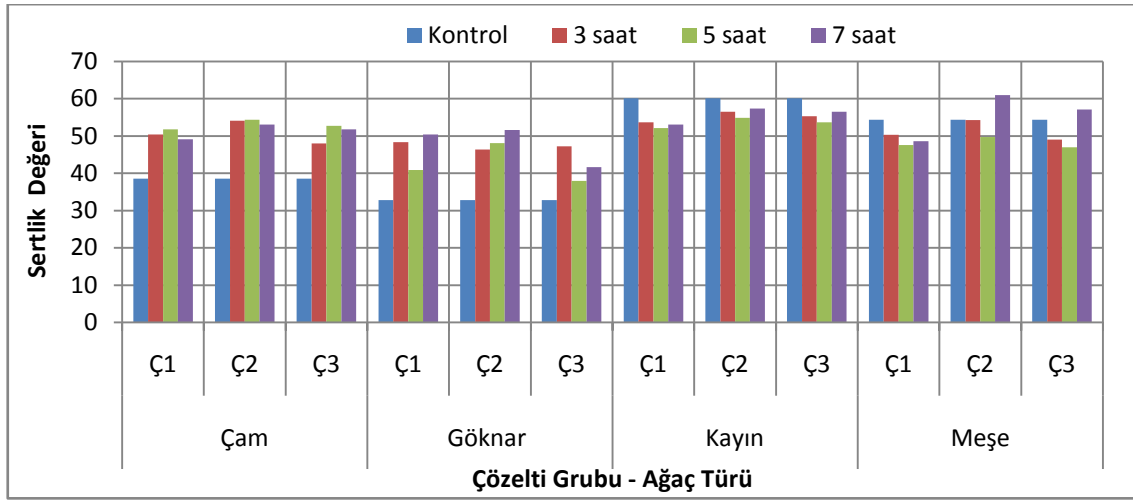
Çizelge 3.100. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	Ç1	38.60	Q	50.45	IJK	51.75	HJ	49.10	KLMN
	Ç2	38.60	Q	54.10	DEFG	54.35	CDEF	53.10	DEFGH
	Ç3	38.60	Q	48.00	MNO	52.70	EFGH	51.80	GHIJ
Göknar	Ç1	32.80	R	48.35	K-O	40.85	P	50.45	IJK
	Ç2	32.80	R	46.40	O	48.10	LMNO	51.65	HJ
	Ç3	32.80	R	47.20	NO	38.00	Q	41.65	P
Kayın	Ç1	60.10	A	53.65	DEFGH	52.15	FGHI	53.05	DEFGH
	Ç2	60.10	A	56.55	BC	54.90	CDE	57.40	B
	Ç3	60.10	A	55.30	BCD	53.65	DEFGH	56.50	BC
Meşe	Ç1	54.40	CDEF	50.35	IJKL	47.55	MNO	48.65	K-O
	Ç2	54.40	CDEF	54.25	CDEF	49.75	JKLM	60.95	A*
	Ç3	54.40	CDEF	49.05	KLMN	47.00	NO	57.15	B

LSD $\pm$ 1.973

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.87. Ağaç türü – Çözeltili grubu – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü – Çözeltili grubu – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek, 7 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözeltili grubu ile rengi açılan meşede, en düşük gökmar kontrol örneklerinde elde edilmiştir.

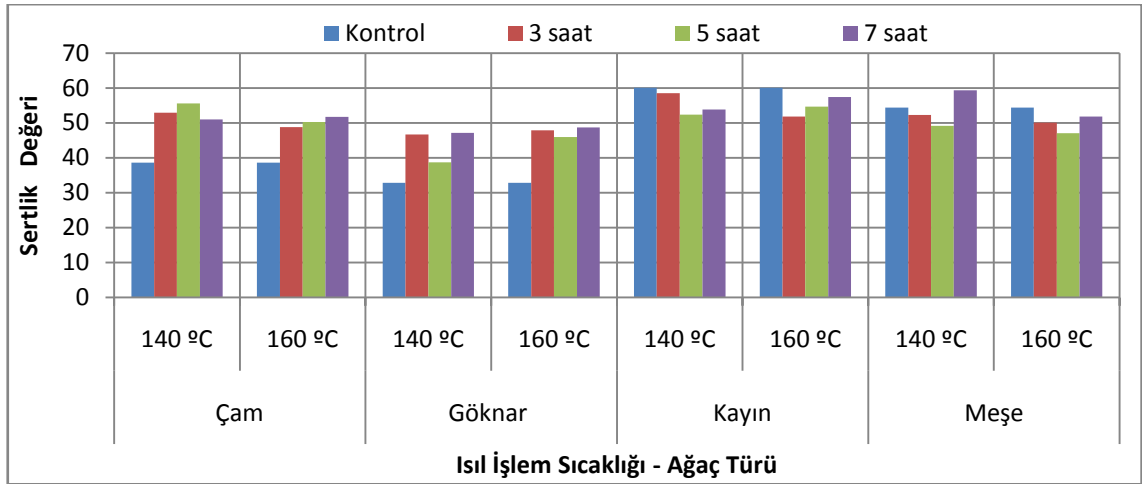
Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.101’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.88’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.101. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Faktör ACD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Çam	140 °C	38.60	N	52.90	DEF	55.60	C	50.97	GH
	160 °C	38.60	N	48.80	IJK	50.27	HI	51.70	FGH
Gökmar	140 °C	32.80	O	46.70	LM	38.70	N	47.13	KLM
	160 °C	32.80	O	47.93	JKL	45.93	M	48.70	IJK
Kayın	140 °C	60.10	A*	58.50	AB	52.43	EFG	53.87	CDE
	160 °C	60.10	A *	51.83	FGH	54.70	C	57.43	B
Meşe	140 °C	54.40	CD	52.33	EFG	49.13	IJ	59.33	A
	160 °C	54.40	CD	50.10	HI	47.07	KLM	51.83	FGH
LSD $\pm$ 1.611									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

** : **A**: Ağaç türü, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.88. Ağaç türü – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çizelge sonucuna göre, sertlik değeri en yüksek kayın kontrol örneklerinde, en düşük gökmar kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

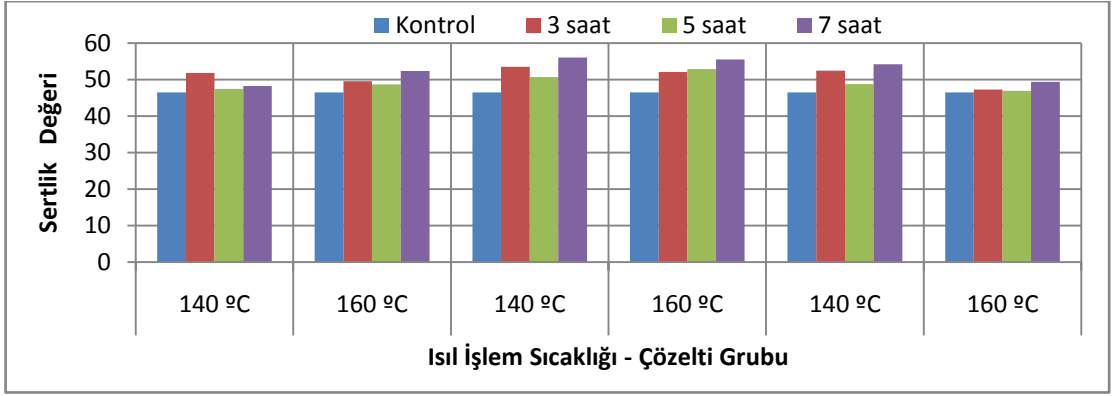
Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi üçlü karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.102’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.89’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.102. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör BCD**		Kontrol		3 saat		5 saat		7 saat	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Ç1	140 °C	46.47	K	51.80	EF	47.47	IJK	48.25	HIJ
	160 °C	46.47	K	49.60	GH	48.67	HI	52.38	DE
Ç2	140 °C	46.47	K	53.53	CD	50.67	FG	56.03	A*
	160 °C	46.47	K	52.13	DEF	52.88	CDE	55.53	AB
Ç3	140 °C	46.47	K	52.50	DE	48.75	HI	54.20	BC
	160 °C	46.47	K	47.28	IJK	46.92	JK	49.35	GH
LSD $\pm$ 1.395									

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

****B**: Çözelti grubu, **C**:Isıl işlem sıcaklığı **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.89. Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi etkileşimi düzeyinde, sertlik değeri en yüksek 140⁰C’de sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakıldıktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılan örneklerde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

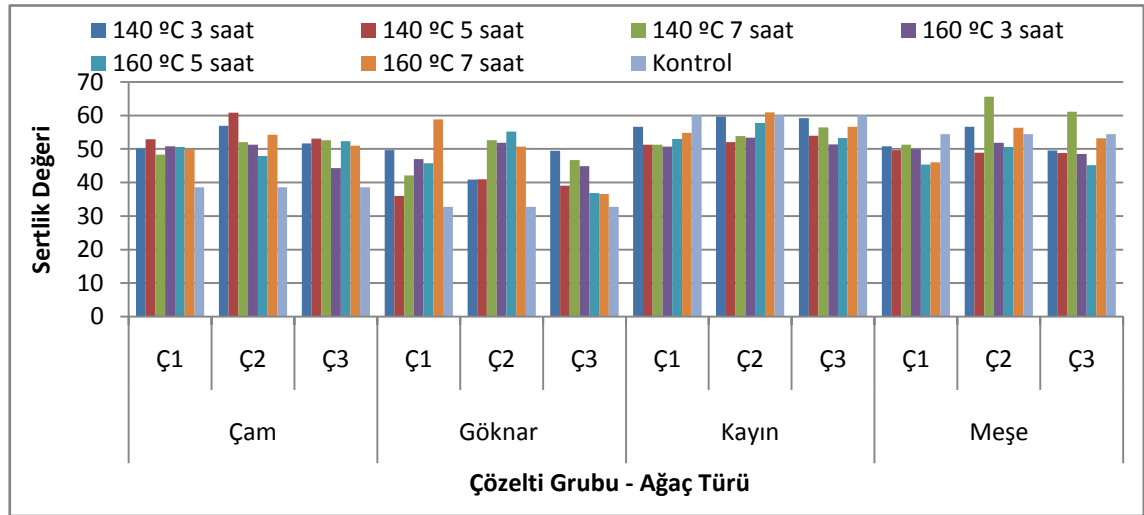
Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırmaların sonuçlarını topluca görmek amacıyla, Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.103’de verilmiş, buna ait grafik Şekil 3.90’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.103. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresi
Duncan karşılaştırma sonuçları.

Faktör ABCD*			140°C			160°C			Kontrol
			3 saat	5 saat	7 saat	3 saat	5 saat	7 saat	
Çam	Ç1	$\bar{x}$	50.10	52.90	48.30	50.80	50.60	49.90	38.60
		HG	P-X	J-S	V-[-	N-W	O-W	P-X	`a
	Ç2	$\bar{x}$	56.90	60.80	52.00	51.30	47.90	54.20	38.60
		HG	CDEFG	B	K-U	L-W	W-[-	G-N	`a
	Ç3	$\bar{x}$	51.70	53.10	52.60	44.30	52.30	51.00	38.60
		HG	K-V	I-R	K-S	]^	K-T	M-W	`a
Göknar	Ç1	$\bar{x}$	49.70	36.00	42.10	47.00	45.70	58.80	32.80
		HG	Q-X	a	^_	XYZ[[-	YZ[[-	BCDE	b
	Ç2	$\bar{x}$	40.90	41.00	52.60	51.90	55.20	50.70	32.80
		HG	-`	-`	K-S	K-U	F-K	N-W	b
	Ç3	$\bar{x}$	49.50	39.10	46.70	44.90	36.90	36.60	32.80
		HG	S-X	-`a	XYZ[[-	[-]^	a	a	b
Kayın	Ç1	$\bar{x}$	56.60	51.30	51.30	50.70	53.00	54.80	60.10
		HG	D-H	L-W	L-W	N-W	I-S	F-L	BC
	Ç2	$\bar{x}$	59.70	52.00	53.90	53.40	57.80	60.90	60.10
		HG	BCD	K-U	G-O	H-P	BCDEF	B	BC
	Ç3	$\bar{x}$	59.20	54.00	56.40	51.40	53.30	56.60	60.10
		HG	BCDE	G-O	EFGHI	L-W	H-P	D-H	BC
Meşe	Ç1	$\bar{x}$	50.80	49.70	51.30	49.90	45.40	46.00	54.40
		HG	N-W	Q-X	L-W	P-X	Z[[-	YZ[[-	G-M
	Ç2	$\bar{x}$	56.60	48.90	65.60	51.90	50.60	56.30	54.40
		HG	D-H	T-Y	A*	K-U	O-W	E-J	G-M
	Ç3	$\bar{x}$	49.60	48.80	61.10	48.50	45.20	53.20	54.40
		HG	R-X	T-Y	B	U-Z	[[-	H-Q	G-M

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, **HG**: Homojenlik grubu, *: En yüksek sertlik değerini ifade etmektedir.

****A**: Ağaç türü, **B**: Çözelti grubu, **C**: Isıl işlem sıcaklığı, **D**: Isıl işlem süresi



Şekil 3.90. Ağaç türü – Çözelti grubu – Isıl işlem sıcaklığı – Isıl işlem süresine ait karşılaştırma sonuçları.

Buna göre, sertlik değeri en yüksek, 140⁰C sıcaklıkta 7 saat süre ile ısıl işleme tabi tutulduktan sonra Ç2 çözelti grubu ile rengi açılmış meşede, en düşük göknar kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırma sonuçları, bulgular kısmında elde edilen veriler doğrultusunda renk değişim değerleri, parlaklık değeri ve sertlik değeri alt başlıklarında tartışılmıştır. Çıkan sonuçlar gerek bilimsel gerekse uygulamaya yönelik öneriler haline getirilmeye çalışılmıştır.

4.1. RENK DEĞİŞİM DEĞERLERİ

4.1.1. Kırmızı Renk Değeri (+a)

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen ölçümlerde kırmızı renk değeri kayında yüksek, çamda düşük çıkmış, çam ve göknar arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Literatürde de kayın malzemenin tabii halinin kırmızımsı beyaz olmasına karşın, teknik kurutma sonrası renginin tuğla kırmızı rengine dönüştüğü vurgulanmaktadır (Örs ve Keskin 2001). Bu durumun, odunun ısıtılması, uygulama yöntemi, sıcaklık ve süreye bağlı olarak; odunun hacminde ve kütlesinde düşüş meydana gelmesi, lifliliğin artması, mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozun parçalanması sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir (Aydemir ve Gündüz, 2009, Korkut ve Kocaefe, 2009). Ayrıca yapraklı ağaç hemiselüloz üniteleri (pentozanlar), iğne yapraklı ağaç hemiselüloz ünitelerine (heksozlar) göre daha kolay degrade olurlar. Bu yüzden yapraklı ağaçlar, iğne yapraklı ağaçlara göre daha hızlı parçalanırlar. Bunun nedeni de yapılan çalışmalara göre yapraklı ağaçlarda daha fazla sayıda asetil grubunun olmasından dolayı kaynaklandığı ifade edilmektedir (Aydemir 2007).

Çözelti grubu düzeyinde, kırmızı renk değeri en yüksek Ç3 çözelti grubunda, en düşük Ç2 çözelti grubunda elde edilmiştir. Bunun kullanılan çözeltilerin ph derecelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bkz.sf.78-79). Elde edilen literatür bilgilerinde; ısıtılmanın ağaç malzemenin ph değerini düşürerek daha asidik bir yapıya neden olduğu ve malzemenin kırmızı renk değerini artırıcı bir etki yaptığı ifade edilmiştir (Sundqvist ve diğ. 2006). Bu bağlamda, ağaç malzemenin ph derecesi ile renk koyulaşması arasında

ters orantı olduğu sonucuna varılmıştır. Renk açma çözeltileri olarak kullanılan kimyasallardan Ç3 çözeltileri grubunun asidik yapıya sahip oluşu, kırmızı renk değeriindeki artışın nedeni olarak gösterilebilir.

Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde kırmızı renk değeri en yüksek 160°C’de, en düşük 140°C’de ısıtılma işlemi uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Birçok araştırmada, ısıtılma işlem sıcaklığı arttıkça ağaç malzemenin renginin koyulaştığı ifade edilmektedir (Özçifçi ve diğ. 2009; Inoue ve diğ. 1993; Yaşar 2009; Budakçı ve diğ. 2009). Bu durum odunun termal degradasyonun 100°C sıcaklık sınırından itibaren başladığı, 200°C nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumların meydana geldiği şeklinde açıklanmaktadır (Fengel ve Wegener 1989; Boonstra ve Tjeerdma 2006). Ayrıca ağaç malzemede 140°C altındaki sıcaklıklarda su ve uçucu ekstraktiflerin kaybıyla yoğunlaşabilen parçacıkların oluşumunun başladığı, bu sıcaklıkların üzerinde hücre duvarı polimerlerine bağlı olan daha gevşek yapılardan oluşan selüler parçalanma ürünlerinin oluşumunun gözlemlendiği belirtilmektedir. Bu durum özellikle hemiselülozun parçalanmasıyla meydana gelen asetik asit formasyonundan dolayı kaynaklanmaktadır. Bunun yanında odun ısıtılmaya devam ederken yoğunlaşan gazların (özellikle CO₂) oluşumu kadar formik asit ve metanol oluşumu da bu şekilde etki yapabilmektedir. 140°C sıcaklıklarının üzerinde “suyun yapı taşı” olarak adlandırılan dehidrasyon reaksiyonlarının başlaması, hidroksil içeriğinde düşüş meydana gelmesine ve sıcaklığın artmasıyla rengin koyulaşmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Bourgois ve diğ., 1991). Farklı bir çalışmada; farklı ısıtılma sıcaklıklarında (70°C, 80°C, 85°C, 90°C ve 95°C) kızılçam öz odunu ekstraktiflerine uygulanan ısıtılma sonucu, sıcaklığın artması ile malzemenin kırmızı renk değeriinde artışın olduğu ifade edilmiştir (Yaşar, 2009). Sonuçlar literatürle uyumludur.

Isıl işlem süresine göre kırmızı renk değeri en yüksek kontrol numunelerinde, en düşük 3 saat süreli ısıtılma işlemi tabi tutulmuş ağaç malzemede tespit edilmiştir. Literatürde ısıtılma işlem süresi arttıkça ağaç malzemenin kırmızı renk değeriinin arttığı ifade edilmektedir Korkut ve Kocaefe 2009; Akgün 2008; Aydemir 2007). Bekhta ve Niemz (2003), yapmış oldukları çalışmada; ladin odununa, farklı bağıl nem oranlarında, 200°C sıcaklıkta 2,4,8,10 ve 24 saat, ve 100, 150, 200°C’de 24 saat süre ile uyguladıkları ısıtılma işlem sonucunda, kırmızı renk değeriinin ilk 2 saatlik işlem esnasında yaklaşık %38-53

oranları arasında artığını bildirmişlerdir. Fakat bu araştırmada, ısıtıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerin anatomik yapısı gereği en yüksek kırmızı renk değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir.

Araştırmaya göre ısıtıl işlem uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal kırmızı renk değerine en yakın sonuçlar; çamda ve göknarda Ç1, kayın ve meşede ise Ç3 çözelti gurubunda elde edilmiştir. Isıtıl işlem uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle kırmızı renk değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında, ısıtıl işleme maruz bırakılmış çam malzeme üzerine uygulanan Ç1 ve Ç2 çözelti grupları, bu ağaç malzemenin doğal kırmızı renk değerine yakın sonuçlar vermiştir. Fakat Ç3 çözeltisi çam malzemede kırmızı renk değerini %155 oranında artırmıştır. Isıtıl işlem görmüş göknar malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu bu malzemenin kırmızı renk değerinde %34, Ç2 çözelti grubu %45 oranında bir düşüşe sebep olurken, Ç3 çözeltisi kırmızı renk değerini iki kat artırdığı tespit edilmiştir. Isıtıl işleme tabi tutulmuş kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu %53, Ç2 çözelti grubu ise bu malzemenin kırmızı renk değerini yaklaşık %74 oranında azaltmıştır. Fakat Ç3 çözeltisi, kayın malzemenin doğal kırmızı renk değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Isıtıl işleme maruz bırakıldıktan sonra meşe malzemeye uygulanan Ç1 çözelti grubu bu malzemenin kırmızı renk değerinde %56, Ç2 çözelti grubu %64 oranında bir düşüşe sebep olurken, Ç3 çözeltisi bu değeri ortalama %21 artırmıştır.

4.1.2. Sarı Renk Değeri (+b)

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen sarı renk değeri çamda yüksek, meşede düşük çıkmıştır. Bu durum, çam malzemenin doğal renginin daha sarımsı olmasından yada ısıtıl işlem sonucu ağaç malzemede oluşan, ikincil ürünlerin oluşumu ve/veya bozunma sonucu açığa çıkan quinone ve quinonemethide maddelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Renk verme maddeleri olarak bilinen bu reaktif bileşikler ligninde bulunan α - ve β -arylether bağlarının kopması ve hemiselülozun bozunması ile açığa çıkmaktadır (Sundqvist ve diğ., 2006). Isıtıl işlem sonucu malzemede oluşan bu yan ürünler renk açma kimyasalları ile etkileşime girerek malzeme yüzeylerinde farklı değerlerde sarı renk tonu oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.

Çözelti grubu düzeyinde, sarı renk değeri en yüksek Ç1 çözelti grubunda, en düşük Ç2 çözelti grubunda tespit edilmiştir. Bunun sebebinin her iki çözelti grubu içinde kullanılan H_2O_2 'in sarı renk değerine etkisinin olmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu çözeltiler içerisinde kullanılan $NaSiO_3$ ve $NaOH$ bu farklılığın çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. $NaOH$ maddesi ağaç malzeme yüzeyinin sarı renk değerini artırıcı etki yaptığı, $NaSiO_3$ maddesinin ise malzeme yüzeyinin sarı renk değerine azaltıcı etki yaptığı düşünülmektedir.

Isıl işlem sıcaklık düzeyinde sarı renk değeri en yüksek $160^{\circ}C$ 'de, en düşük $140^{\circ}C$ ısıtım işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Literatürde de, ısıtım işlem sıcaklık derecesinin yükselmesi, ağaç malzeme yüzeyinin sarı renk değerini artırıcı bir etkiye neden olduğu bildirilmektedir (Sundqvist 2002; Sidorova 2009). Johansson (2008)'de huş odununa $175^{\circ}C$ sıcaklıkta ve farklı zaman periyotlarında uyguladığı ısıtım işlem sonucunda malzemenin sarı renk değerinin 17'den 21-23'kadar yükseldiğini bildirmiştir. Gonzalez-Pena ve Hale (2009) yaptığı çalışmada, kayın, çam ve ladin odunlarını $190^{\circ}C$, $210^{\circ}C$, $230^{\circ}C$ ve $245^{\circ}C$ sıcaklarda ve farklı zaman periyotlarında ısıtım işleme maruz bıraktıktan sonra kırmızı ve sarı renk değerlerinde artış gözlemişlerdir. Sarı renk değerini kayında 18-22, çamda 26-28 ve ladinde 25-26 olarak bulmuşlardır. Isıtım işlem sıcaklığının yükselirken odun daha kırmızı ve daha sarı renk tonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Isıtım işlem süresi göre, sarı renk değeri en yüksek 5 saat süreli ısıtım işleme tabi tutulmuş ağaç malzemedede, en düşük kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. Literatürde ısıtım işlem süresi arttıkça ağaç malzemenin sarı renk değerinin arttığı ifade edilmektedir (Viitanen ve diğ. 1994; Sehlstedt-Persson 1995). Bekhta ve Niemz (2003) yapmış oldukları çalışmada; ladin odununa, farklı bağıl nem oranlarında, $200^{\circ}C$ sıcaklıkta 2,4,8,10 ve 24 saat, ve 100, 150, $200^{\circ}C$ 'de 24 saat süre ile uyguladıkları ısıtım işlem sonucunda, sarı renk değerinin 24 saat ısıtım işlem süresi sonunda, ağaç malzemedede yaklaşık %30-45 oranları arasında azaltıldığını bildirmişlerdir. Literatürde, ısıtım işlem uygulanmış, kayın, çam ve ladin odunlarında toplam sarı renk değişim değeri ile glüksan, lignin ve gluman maddeleri arasında güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Gonzalez-Pena ve Hale 2009). Kullanılan çözelti grupları ısıtım işlem sonucu açığa çıkan bu maddeler ile etkileşime girerek malzemenin sarı renk değerinde değişimlere neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırmaya göre ısıt işlem uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal sarı renk değerine en yakın sonuçlar; kayında Ç1, meşede Ç3, çamda ve göknarda ise Ç2 çözelti grubunda elde edilmiştir. Isıt işlem uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle sarı renk değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında ısıt işleme maruz bırakılmış çam malzeme üzerine uygulanan Ç2 çözelti grubu bu ağaç malzemenin doğal sarı renk değerine yakın sonuçlar vermiştir. Fakat Ç1 çözelti grubu %23, Ç3 çözeltisi %11'lik bir artışa neden olmuştur. Ç1 çözelti grubu, ısıt işlem uygulanmış göknar malzeme üzerinde sarı renk değerini %21, Ç3 çözelti grubu %9 artırırken, Ç2 çözelti grubu malzemenin doğal sarı renk değerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Isıt işlem sonunda, kayın malzemeye uygulanan Ç1 çözelti grubu malzemenin sarı renk görünümünü ortalama %13 oranında artırırken, Ç2 çözelti grubu %23, Ç3 çözeltisi %10 oranında sarı renk görünümünün azalmasına sebep olmuştur. Isıt işlemli meşe malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, malzemenin sarı renk değerini %13 oranında artışa sebep olurken, Ç2 çözelti grubu %23 oranında azalmasına, Ç3 çözeltisi grubu ise malzemenin doğal sarı renk görünümüne yakın sonuçlar vermiştir.

4.1.3. Işıklılık Değeri / Renk Parlaklığı (L)

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen ölçümlerde ışıklılık değeri en yüksek göknarda, en düşük kayında tespit edilmiştir. En yüksek ışıklılık değerinin göknarda çıkmasının nedeni olarak arasında malzemenin doğal halindeki renginin beyaz veya kırmızımsı beyaz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Bozkurt 1992). Kayın malzemenin doğal renginin kırmızımsı kahve renkli olması ışıklılık değerinin düşük çıkması nedenleri arasında gösterilebilir. Literatürde, ısıt işleme maruz bırakılmış ağaç malzemelerin ışıklılık değerinde, kayda değer bir azalma olduğu ifade edilmektedir (Johansson 2008; Sundqvist ve diğ. 2006). Isıt işlem sonucunda ağaç malzemelerde farklı oranlarda meydana gelen bu azalmanın sebepleri arasında ışıklılık değerinin, ısıt işlem sonucu malzemedde oluşan kütle kaybı ile benzerlik gösterdiği ifade edilmektedir. Isıt işlem sonucu odunda meydana gelen renk değişimi ve kimyasal değişim arasındaki ilişkide, toplam ışıklılık değişim değeri ile, kayında hemiselüloz, çamda lignin ve ladinde gluxylan arasında güçlü bir korelasyon olduğu ifade edilmektedir (Gonzalez-Pena ve Hale 2009). Isıt işlemin dezavantajları arasında yer alan kütle kaybı ile odundan uzaklaşan yan bileşiklerin odunun ışıklılık değerinin düşmesinde de önemli bir etkiye sebep olduğu düşünülmektedir.

Çözelti grubu düzeyinde, ışıklılık değeri en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözelti grubunda elde edilmiştir. Ç2 çözelti grubunda bulunan NaSiO_3 ve H_2O_2 maddesi ağaç malzemenin ışıklılık değerinin artmasında en etkili kimyasallar olduğu düşünülmektedir. Kirsi ve diğ. (2005) huş odununa (*Betula pendula Roth*) H_2O_2 uygulayarak malzemede meydana gelen kimyasal ve renk değişimi ile ilgili çalışmasında; Huş malzemeye uyguladıkları H_2O_2 ile renk açma işlemi yapılmış ve huş ağacının ışıklılık değerini artırdığını bildirilmiştir. Işıklılık değerinin Ç3 çözeltisinde düşük çıkmasında asitik yapısı etken olarak gösterilebilir. Bu durum ısıtma işlem sonucu ağaç malzemede oluşan formik asit ve asetik asidin ağaç malzemenin ışıklılık değerinde düşüşe sebep olması ile benzerlik göstermektedir. Bunlar dikkate alındığında ısıtma işlem sonucu odunda ışıklılık değerinin düşmesini engellemek amacı ile kullanılan renk açıcı kimyasal maddenin konsantrasyonunda ve pH değerlerinde çeşitli kombinasyonlar uygulayarak ısıtma işlemli ağaç malzemenin doğal ışıklılık değerine yakın sonuçlar elde edilebilir.

Isıtma işlem sıcaklık faktörü düzeyinde ışıklılık değeri en yüksek 140°C 'de, en düşük 160°C ' de ısıtma işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Hidrotermal işleme maruz bırakılmış odunun ışıklılık değeri malzemenin modifikasyon derecesini bildiren bir gösterge olarak değerlendirilebileceği ifade edilmiştir (Sundqvist ve diğ., 2006). Malzemeye uygulanan sıcaklığın daha yüksek olması, ışıklılık değerinin azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Sundqvist ve diğ. 2006). Johansson (2008) tarafından huş odununa 175°C ve 200°C sıcaklıkta ve farklı zaman periyotlarında (2, 4, 6, 8, 10 saat) uyguladığı ısıtma işlem sonucu malzemenin ışıklılık değerinin 80-85'den 40-65 değerlerine kadar düştüğünü tespit etmiştir. Literatürde elde edilen bilgiler doğrultusunda, ağaç malzemeye uygulanan ısıtma işlem sonucu sıcak derecesinin artması ile malzeme yüzeyinin ışıklılık değerinin azaldığı elde edilmiştir. Bekhta ve Niemz (2003) yapmış oldukları çalışmada; ladin odununa, farklı bağıl nem oranlarında, 200°C sıcaklıkta 2,4,8,10 ve 24 saat, ve 100, 150, 200°C 'de 24 saat süre ile uyguladıkları ısıtma işlem sonucunda, ışıklılık değerinin artan zamana göre azaldığını saptamışlar ve 200°C sıcaklıkta 24 saat süre sonunda ortalama ışıklılık değerinin %72.81 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Isıtma işlemli ağaç malzemede sıcaklığa bağlı olarak, ışıklılık değerindeki azalma, glucose, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiği ifade edilmektedir (Esteves ve diğ. 2008).

Isıl işlem süresine göre, ışıklılık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 7 saat süreli ısıtma işlemi tabii tutulmuş ağaç malzemesinde tespit edilmiştir. Literatürden elde edilen bilgiler neticesinde, ağaç malzemeye uygulanan ısıtma işleminin ilk safalarında ışıklılık değerinin kayda değer oranda azaldığı ifade edilmektedir (Yaşar 2009; Johansson ve Moren 2006; Bekhta ve Niemz 2003). Bekhta ve Niemz (2003) yapmış oldukları çalışmada; ladin odununa, farklı bağıl nem oranlarında, 200°C sıcaklıkta 2,4,8,10 ve 24 saat ve 100, 150, 200°C'de 24 saat süre ile uyguladıkları ısıtma işlemi sonucunda, ışıklılık değerinde en dramatik düşüşün ısıtma işleminin ilk 4 saatlik süre esnasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Isıtma işleminin başlangıç safasında (0-1 arasında saat) ışıklılık değerinde hızlı bir azalışın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, ışıklılık değerinde en çok azalma, oldukça düşük sıcaklıkta ve kısa zaman periyodunda gerçekleştiği tespit etmiştir (Sundqvist ve diğ. 2006). Bu çalışmada en yüksek ışıklılık değerinin kontrol örneklerinde çıkmasının nedeni ısıtma işlemi sonunda malzeme yüzeylerine uygulanan renk açıcı kimyasal maddelerden kaynaklanmıştır.

Araştırmaya göre ısıtma işlemi uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal ışıklılık değerine en yakın sonuçlar; çam, göknar ve meşede Ç2, kayında ise Ç3 çözelti grubunda elde edilmiştir. Isıtma işlemi uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle ışıklılık renk değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında, ısıtma işlemi maruz bırakılmış çam malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, %19, Ç2 çözelti grubu %11, Ç3 çözeltisi %20 oranında ışıklılık değerinin azalmasına sebep olmuştur. Ç1 çözelti grubu, ısıtma işlemi uygulanmış göknar malzemenin ışıklılık değerinin %9, Ç2 çözelti grubu %5, Ç3 çözeltisi %14 oranında azalmasına neden olmuştur. Isıtma işlemli kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, malzemenin ışıklılık değerini %6, Ç2 çözelti grubu %14 oranında artırırken, Ç3 çözeltisi malzemenin ışıklılık değerini %10 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir. Ç1 çözelti grubu, ısıtma işlemi uygulanmış meşe malzemenin ışıklılık değerini ortalama %3, Ç2 çözelti grubu %7 artırırken, Ç3 çözeltisi %12'lik azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

4.1.4. Toplam Renk Değişim Değeri (ΔE)

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen ölçümlerde toplam renk değişim değeri en yüksek göknarda, en düşük meşede tespit edilmiştir. Toplam renk değişim değerinin göknarda yüksek çıkmasının nedenleri arasında bu malzemenin meşe

malzemeye kıyasla daha açık renk tonuna sahip olması ve ısıt işlem sonucunda renginin daha da koyulaşması ile toplam renk değışim değerinin daha yüksek çıkmasında etkili olduğu düşünölmektedir. Bu farklılığın oluşmasında bir diğeri etmen olarak, ısıt işlem görmüş odunda toplam renk değışimi odunun ana polimerlerinde gerçekleşen kimyasal değışimden kaynaklanmaktadır. Polisakkaritler içinde ligninin kendi kendine koyulaşması nedeni ile renk değışiminde önemli bir etkiye sebep olmaktadır. Özellikle malzemede kromoforik grupların oluşması ile ilişkilendirilmektedir (Gonzalez-Pena ve Hale 2009).

Çözelti grubu düzeyinde, toplam renk değışim değeri en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözeltisinde elde edilmiştir. Literatürü incelediğimizde ısıt işlem sonucu ağaç malzemenin hemiselüloz bozunmasından açığa çıkan asidik asit ve lignin bozunmasından oluşan serbest radikaller ağaç malzemenin renginin koyulaşmasına neden olan ana etmenlerdir. Renk açıcı kimyasal maddeler bilindiğı üzere ağaç malzemenin yan bileşiklerine etki ederek ağaç malzemenin renginin açılmasını sağlamaktadır (Atar 1999). Uygulanan renk açıcı kimyasal maddeler ısıt işlem sonunda açığa çıkan Asidik asit, serbest radikaller ve ekstraktifleri etkileyerek malzemelerde renk değışimine neden olduğu düşünölmektedir. Bu durumu göz önüne aldığımızda, Ç2 ve Ç3 çözeltileri arasındaki toplam renk değerinin farklı çıkmasında, çözeltiler arasında ph değerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. Renk açıcı çözelti gruplarının konstrasyonlarını artırarak veya azaltarak ve kullanılan ağaç malzemeye göre uygun ph derecelerinde hazırlanan kimyasallar ısıt işlem görmüş ağaç malzemelerin doğal renklerine yakın değerler elde edilebilir.

Isıt işlem sıcaklık faktörü düzeyinde toplam renk değışimi değeri en yüksek 140⁰C’de, en düşük 160⁰C’de ısıt işlem uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Isıt işlem sıcaklık derecesinin artması ile ağaç malzeme yüzeyinde meydana gelen toplam renk değışim değeri artmaktadır (Sehlstedt-Person 2003; Yaşar, 2009). Özçifçi ve diğ., (2009) yaptığı çalışmada; ısıt islemin sıcaklık ve süresi arttıkça, örneklerin renklerinde meydana gelen değışim miktarı da artmıştır. En yüksek toplam renk değışimi (43,3) 190 °C’de 8 saat ısıt islem gören örneklerde; en düşük toplam renk değışimi (12,9) 150 °C’de 4 saat ısıt islem gören örneklerde tespit etmişlerdir. Isıt işlem esnasında odunda meydana gelen renk değışimi ısıt işlem süresi ve sıcaklığına bağlıdır. Ayrıca bu

farklılığın oluşmasında odun içinde var olan oksijen miktarının önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir (Brischke ve diğ. 2007).

Isıl işlem süresine göre, en yüksek toplam renk değişim değeri kontrol numunelerinde, en düşük 7 saat süreli ısıtma işlemi tabi tutulmuş ağaç malzemedeki tespit edilmiştir. Literatürü incelediğimizde ısıtma işlem süresinin artması odunun toplam renk değişim değerini artırmaktadır (Özçifçi ve diğ. 2009; Yaşar 2009). Fakat bu çalışmada, ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemelerin anatomik yapısı gereği en yüksek toplam renk değişim değeri kontrol numunelerinde tespit edilmiştir.

Araştırmaya göre ısıtma işlemi uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal toplam renk değişim değerine en yakın sonuçlar; çam, göknar ve meşede Ç2, kayında ise Ç1 çözelti grubunda elde edilmiştir. Isıtma işlemi uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle toplam renk değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında, ısıtma işlemi maruz bırakılmış çam malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu %15, Ç2 çözelti grubu %10 ve Ç3 çözeltisi %16 oranında azalmasına neden olmuştur. Isıtma işlemi tabi tutulmuş göknar malzemenin üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu malzemenin toplam renk değişim değerini ortalama %7, Ç2 çözelti grubu %5, Ç3 çözeltisi %11 oranında azalmasına sebep olmuştur. Isıtma işlemi maruz bırakılmış kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözeltisi, malzemenin toplam renk değişim değerini ortalama % 5, Ç3 çözelti grubu %8 oranında artırırken, Ç3 çözeltisi %9 oranında azaltmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Ç1 çözelti grubu, ısıtma işlemi uygulanmış meşe malzemenin toplam renk değişim değerini %2, Ç2 çözelti grubu %4 oranında artışa neden olurken, Ç3 çözeltisi toplam renk değişim değerini %10 oranında azalmasına neden olmuştur.

4.2. PARLAKLIK DEĞERİ

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen ölçümlerde parlaklık değeri en yüksek çamda, en düşük kayında tespit edilmiştir. Isıtma işlemi türüne göre ağaç malzemelerin parlaklık değerlerinin farklı oranlarda etkilendiği söylenmektedir. Ağaç türü düzeyinde parlaklık değerinin farklı sonuç vermesi, yapraklı ağaçların ısıtma işlemi daha fazla etkilendiği ve bu durum malzemenin parlaklık değerinde negatif bir etkiye sebep olduğu düşünülmektedir. Literatürde, yapraklı ağaçlar iğne yapraklı ağaçlara göre ısıya karşı daha az dayanıklıdır. Bu farklılık hemiselüloz miktarına ve kompozisyonuna

atfedilir. Pentozanlar (ki bunlar yapraklı ağaç hemiselülozunun büyük bir kısmını oluştururlar), hekzozanlarda ısı degradasyonuna karşı daha hassasdırlar. Ayrıca, yapraklı ağaçlar genelde daha yüksek oranda hemiselülozlara sahiptirler ve yapraklı ağaç hemiselülozları iğne yapraklı ağaçlara kıyasla daha yüksek asetil içeriğine sahiptirler. Yapraklı odun ksilanı iğne yapraklı ağaç hemiselülozundan sıcaklığa karşı daha az dayanıklıdır (Hill 2006; Sefil 2010).

Çözelti grubu düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek Ç1 çözelti grubunda, en düşük Ç3 çözelti grubunda tespit edilmiştir. Kullanılan farklı renk açıcı kimyasallar ağaç malzemenin parlaklık değerini farklı oranlarda etkilediği ve daha fazla asidik yapıya sahip olan kimyasalar ağaç malzemenin parlaklık değerini negatif bir etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Yapılan literatür çalışmada; ısıtılmanın ağaç malzemenin pH değerini düşürerek daha asidik bir yapıya neden olduğu ve bunun sonucu olarak malzemenin teknolojik özelliklerini düşürdüğü ifade edilmiştir (Sundqvist ve diğ., 2006). Isıl işlem sonucu ağaç malzemenin pH derecesi 3'e kadar düştüğü tespit edilmiştir (Sundqvist ve diğ., 2006). Ağaç malzemenin pH derecesi azaldıkça parlaklık değerinde azalış göstermektedir. Yani malzemenin pH derecesi ile parlaklık değeri arasında doğru orantı söz konusudur. Bu duruma ilişkin, bu çalışmada renk açma çözeltisi olarak kullanılan kimyasallar arasında en kuvvetli asidik değere sahip oksalik asit, malzemelerin parlaklık değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Ç1 ve Ç2 çözelti gruplarının her ikisinde H₂O₂ kullanılması ve Ç1 çözeltisi ağaç malzeme üzerinde parlaklık değerinin daha yüksek çıkması, bu çözelti içinde kullanılan diğer renk açıcı kimyasal NaOH ve bunun H₂O₂ ile yapmış olduğu kimyasal reaksiyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek 140⁰C'de, en düşük 160⁰C ısıtılma uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Literatürü incelediğimizde, ısıtılma işlem sıcaklık derecesi artması malzemenin parlaklık değerini olumsuz yönde etkilediği ve ısıtılmalı ağaç malzemedeki sıcaklığa bağlı olarak, parlaklık değerindeki azalma, glucose, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiği bildirilmektedir (Esteves ve diğ. 2008). Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriği azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerinden bazıları difenilmetan tipi ünitelere dönüşür. Defenilmetan tipi yoğunlaşma 120-220⁰C aralığında tipik bir reaksiyon olup renk, reaktivite ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir

etkiye sahiptir. Isıl işlem süresince lignin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğramaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009). Isıl işlem sürecinde oluşan bu durumlar ağaç malzemenin parlaklık değerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlem süresine göre en yüksek parlaklık değeri kontrol numunelerinde, en düşük değer 3 saat süreli ısıtma işlemine tabi tutulmuş ağaç malzemesinde tespit edilmiştir. Literatürden elde edilen bilgiler neticesinde, ısıtma işlem süresindeki artış ağaç malzemenin parlaklık değerini düşürdüğü ifade edilmektedir. . Fakat bu araştırmada, ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemelerin anatomik yapısı gereği en yüksek parlaklık değeri kontrol numunelerinde, en düşük 3 saat süreli ısıtma işlemine tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir. Isıl işlem süresi bazında en yüksek parlaklık değeri kontrol örneklerinde çıkması, ısıtma işlemli ağaç malzemenin üzerine uygulanan kimyasalların, malzemenin parlaklık değerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmaya göre ısıtma işlemi uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal parlaklık değerine en yakın sonuçlar; çam, kayın ve meşede Ç1, göknarda ise Ç3 çözelti grubunda elde edilmiştir. Isıl işlem uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle parlaklık değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında, ısıtma işlemine maruz bırakılmış çam malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, %28, Ç2 çözelti grubu %31, Ç3 çözeltisi %26 oranında parlaklık değerinin azalmasına sebep olmuştur. Isıl işlem uygulanmış göknar malzemenin üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu malzemenin parlaklık değerini %8, Ç2 çözelti grubu %18, Ç3 çözeltisi %25 oranında azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlemli kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, malzemenin parlaklık değerini %18, Ç2 çözelti grubu %25 oranında artırırken, Ç3 çözeltisi malzemenin renk parlaklığını %15 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir. Ç1 çözelti grubu, ısıtma işlemi uygulanmış meşe malzemenin parlaklık değerini ortalama %18, Ç2 çözelti grubu %5, Ç3 çözeltisi %28 oranında azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 ve Ç2 çözeltileri malzemenin parlaklık değerini artırmıştır.

4.3. SERTLİK DEĞERİ

Araştırmada ağaç malzeme türü düzeyinde elde edilen ölçümlerde sertlik değeri en yüksek kayında, en düşük göknarda elde edilmiştir. Bu farklılığın nedenleri arasında, kullanılan bu ağaç malzemelerin doğal sertlik değerlerinin, kayında yüksek, göknarda düşük, olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Brinell sertlik değeri ölçümlerine göre; kayın malzemenin sertlik sınıfı “orta sert” (3,0-4,0), göknar malzemenin sertlik sınıfı “yumuşak” (1,0-3,0) olarak ifade edilmiştir (Örs ve Keskin 2001). Sertliği etkileyen faktörler arasında ağaç malzemenin yoğunluğu ile brinell sertlik değeri arasında doğru orantılı ilişki vardır. Higroskopik sınırlar içerisinde odunun rutubeti lif doygunluk noktasına kadar %1 arttıkça sertlik liflere paralel yönde %4, liflere dik yönde %2,5 oranında azalır. Kayın malzemenin hava kurusu yoğunluğu $0,66 \text{ g/cm}^3$, göknarın $0,429 \text{ g/cm}^3$ olduğundan dolayı kayın malzemenin sertlik değeri daha yüksek çıkmıştır (Örs ve Keskin 2001). Literatürü incelediğimizde, Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerde sertlik değeri, malzemenin türüne göre artma veya azalma eğilimi göstermektedir. Gündüz ve diğ., 2009) yaptıkları çalışmada; gürgen malzemeye 170°C , 190°C ve 210°C sıcaklıkta ve farklı zaman periyotlarında (4, 8 ve 12 saat) ısıtılma maruz bıraktıktan sonra malzemenin sertlik değerinin, ısıtılma sonucu oluşan yoğunluk kaybına bağlı olarak, teğet yönde %55 radial yönde %54 enine yönde %38 azaldığını ifade etmişlerdir. Ağaç malzemenin yoğunluğundaki değişim en fazla malzemenin sertlik değerini etkilediği ve yoğunluk, sertlik ve basınç mukavemeti arasında önemli bir korelasyon olduğu ifade edilmiştir.

Çözelti grubu düzeyinde, sertlik değeri en yüksek Ç2 çözelti grubunda, en düşük Ç1 çözelti grubunda tespit edilmiştir. Bu farkın nedeni kullanılan çözeltilerin pH dereceleri ve konsantrasyonları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan çözelti gruplarının konsantrasyonları eşit olduğundan dolayı bu durumun etkinliğinin ne oranda gerçekleştiği belirlenememiştir. Literatürü incelediğimizde, renk açma işlemi için kullanılan kimyasalların, ağaç malzemenin lignin ve ekstraktiflerinde bozunmalara neden olduğu için sertlik değerini olumsuz etkilediği ifade edilmektedir (Atar 1999). Çalışmada kullanılan çözelti grupları içinde pH değeri en düşük olan Ç1 çözeltisi malzemenin sertlik değerinde en fazla düşüşe neden olmuştur. Yapılan literatür çalışmada; ısıtılma sonucu oluşan asidik yapı ağaç malzemenin pH değerini düşürerek daha asidik bir yapıya neden olduğu ve bunun sonucu olarak malzemenin

sertlik değerini azaltıcı bir etki yaptığı ifade edilmiştir (Sundqvist ve diğ., 2006). Bu çalışmada, genel olarak, ısıl işlem sonucu deney örneklerine uygulanan renk açıcı kimyasal maddeler iğne yapraklı göknar ve çamda sertlik değerini artırmıştır. Fakat kullanılan yapraklı ağaçlardan meşe ve kayında sertlik değerinin azalmasına neden olmuştur. Bu sonuçlar ışığında, kullanılan renk açıcı kimyasalların ph dereceleri ve konsantrasyonları ağaç malzemenin sertlik değeri üzerinde etkili olduğu dşnlmektedir.

Isıl işlem sıcaklık faktörü düzeyinde en yüksek sertlik değeri 140⁰C’de, en düşük 160⁰C sıcaklıkta elde edilmiştir. Odunun sertliği ısıl işlem ile düşmektedir. Sertlik kaybı işlemin entansitesine bağlıdır. İşlem ne kadar entansif olursa sertlik kaybı o kadar fazla olmaktadır. Hafif (yumuşak) işlem uygulanması halinde aynı zamanda vuku bulan denge rutubetindeki küçülme nedeniyle sertlik kaybı pek azdır (nemsizdir). Kısmen eksilen odun rutubeti nedeniyle sertlikte hafif bir yükselme bile meydana geldiği bildirilmiştir (Kantay 2007). Kayın ve ladin malzemelerine 180⁰C sıcaklıkta 10 saat süre ile ısıl işleme maruz bıraktıktan sonra kayın malzemenin sertlik değeri, enine kesitte %25.9, radial kesitte %45.1 ve teğet kesim kısmında %41.8’lik bir düşüş gözlenmiştir. Ladinin sertlik değeri enine kesitte %19.7, radial kesitte %43.0 ve teğet kesim kısmında %42.5’lik bir düşüş sebep olduğu bildirilmiştir (Korkut, 2008). Sundquist ve diğ. (2006) tarafından huş ağacına farklı zaman periyotlarında (1, 2.5, 4 saat) 160-180-200⁰C sıcaklıkta yapılan ısıl işlem sonucu odunda meydana gelen asidik ve formik asitten oluşan benzyl ester oluşumunun, malzemenin brinell sertlik değerine etkisinde, ısıl işlem sıcaklığı ve süre bağlı olarak sertlik değerinde azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Isıl işlem süresine göre en yüksek sertlik değeri 7 saat süreli, en düşük kontrol numunelerinde tespit edilmiştir. Literatürü incelediğimizde, ısıl işlem süresinin artması genellikle malzemede daha fazla yıkımlama yaparak malzemenin mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu ifade edilmektedir (Korkut ve Kocaefe 2009).

Araştırmaya göre ısıl işlem uygulandıktan renk açma işlemi yapılan ağaç malzemelerde doğal sertlikdeğerine en yakın sonuçlar; göknarda 1, kayında 2 am ve meşede ise 3 çözelti gurubunda elde edilmiştir. Isıl işlem uygulandıktan sonra farklı çözelti grupları ile rengi açılmış örneklerin, doğal örneklerle sertlik değeri açısından yüzdelik olarak karşılaştırması yapıldığında, ısıl işleme maruz bırakılmış am malzeme üzerine

uygulanan Ç1 çözelti grubu %30, Ç2 çözelti grubu %39 ve Ç3 çözeltisi %31 oranında artışa neden olmuştur. Isıl işleme maruz bırakılmış göknar malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu %42, Ç2 çözelti grubu %48 ve çözeltisi %29 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Isıl işleme tabi tutulan kayın malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu malzemenin sertlik değerini ortalama %12, Ç2 çözelti grubu %7, Ç3 çözeltisi %8 oranında azalmasına sebep olmuştur. Isıl işlemlili meşe malzeme üzerine uygulanan Ç1 çözelti grubu, malzemenin sertlik değerini %10 Ç3 çözeltisi %6 oranında azalmasına sebep olurken, Ç2 çözeltisi, malzemenin doğal sertlik değerine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak; ısııl işleme maruz bırakılan ağaç malzemelerde, malzemenin türü, ısııl işlem sıcaklığı, ısııl işlem süresi ve ısııl işlem metoduna bağılı olarak ağaç malzeme yüzeylerinde renk, parlaklık ve sertlik değerlerinde değışikliğe sebep olmaktadır. Kullanılan renk açma çözeltileri ısııl işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, renk ve parlaklık değerlerinde azalma, sertlik değerinde ise artışa yol açmıştır. Buna göre; ısııl işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde doğal renk, parlaklık ve sertlik değerlerine yakın sonuçlar elde edebilmek için Ç1 ve Ç2 çözelti grupları tercih edilmesi önerilebilir.

5. KAYNAKLAR

- AKGÜN K., *Lamine edilmiş kestane (castanea sativa mill.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tanen ve ısıt işlemin etkileri*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, (2008).
- ALLA-VIIKARI, J., The Activities of Finnish ThermoWood Association to Commercialize ThermoWood, *The Third European Conference on Wood Modification, 15-16th October 2007*, Cardiff, UK, (2007) 3-18.
- ANS/ISO1522., Paints and Varnishes—Pendulum Damping Test Approved as *An American National Standard by ASTM International*, (1998).
- ASLAN, S., *Ağaç Dendrolojisi Odun Anatomisi*, Ufuk Ofset, Ankara, Hacettepe Üniversitesi, (1994).
- ASTM D 4366., Hardness of Organic Coating by Pendulum Damping Test *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, (1984).
- ASTM D2224., Standart Practice for Calculation or Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates, *American Society For Testing and Materials*, U.S.A., (2003).
- ASTM D-2240., Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness, *American Society for Testing and Material*, (2000).
- ATAR, M., *Renk Açıcı Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemede Üst Yüzey İşlemlerine Etkileri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1999).
- AYDEMİR, D. ve GÜNDÜZ, G., Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 15, (2009) 71 – 81.
- AYDEMİR, D., *Göknaar (Abies bornmülleriana Mattf.) ve Gürgen (Carpinus betulus L.) Odunlarının Bazı Fiziksel, Mekanik Ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*, Yüksek Lisans, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- BEKHTA, P., NIEMZ, P., Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung*, 57, (2003) 539–546.

- BERNS, R.S., *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, **(2000)** 78-81.
- BONN, G., CONCİN, R., BOBLETER, O., Hydro-Thermolysis – A New Process for The Utilization of Biomass. *Wood Science and Technology* 17, **(1983)** 195-202.
- BOONSTRA, M.J., *A Two-Stage Thermal Modification of Wood*, Thesis (PhD), Ghent University and Université Henry Poincaré - Nancy 1, 297 p., **(2008)**.
- BOONSTRA, M.J., TJEERDSMA, B., Chemical analysis of heat treated softwoods, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, **(2006)** 204–211.
- BOONSTRA, M.J., TJEERDSMA, B.F., GROENEVELD, H.A.C., *Thermal Modification of Non-Durable Wood Species*, The Plato Technology, Thermal Modification Of Wood. International Research Group on Wood Preservation Doc. IRG/WP, **(1998)** 98-40123.
- BOURGOIS, J., JANIN, G., GUYONNET, R., Measuring colour: a method of studying and optimising the chemical transformations of thermally-treated wood, *Holzforschung*, 45(5), **(1991)** 377–382.
- BOZKURT, A.Y., 1992, *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- BOZKURT, Y., ERDİN, N., *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, 975 – 404 – 592 – 5 **(2000)**.
- BRISCHKE, C., WELZBACHER, C. R, BRANDT, K., and RAPP A. O., Quality control of thermally modified timber: Interrelationship between heat treatment intensities and CIE L*a*b* color data on homogenized wood samples, *Holzforschung*, Vol. 61, pp., New York, DOI 10.1515/HF.2007.004., **(2007)**.
- BUDAKÇI, M., ATAR, M., , Açık Hava Koşullarında Bırakılmış Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Odununda Renk Açma işleminin Sertlik ve Parlaklığa Etkisi, *TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 25, **(2001)** 201-207.
- BUDAKÇI M., UYSAL B., ESEN R., Borik Asit Modifikasyonunun Su Bazlı Verniğin Sertlik Değerine Etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs **(2009b)**, Karabük, Türkiye

- BUDAKÇI M., A. ÖZCİFÇİ, H. ÇINAR, A. SÖNMEZ, Effects of Application Methods and Species of Wood on Color Changes of Varnishes, *African Journal of Biotechnology*, 8 (21), **(2009a)** 5964 - 5970.
- BUDAKÇI M., SEVİM KORKUT D., ESEN R., The color changes on varnish layers after accelerated aging through the hot and cold-check test, *African Journal of Biotechnology*, 9 (24), **(2010)** 3595-3602.
- BUDAKÇI M., İLÇE A.C., T. GÜRLEYEN, *Farklı Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin İşlenmesinde Uygun Makine Kesici Özellikleri ve Kesme Teorisi Kriterlerinin Belirlenmesi*, Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi No: BAP 2009.03.01.024., **(2011)**.
- BUGGE, A., Norwegian stave churches. Dreyers Forlag, Oslo, **(1953)**.
- BURMESTER, V.A., Effect of Heat-Pressure Treatments of Semi-Dry Wood on Its Dimensional Stability, *Holz als Roh und Werkstoff*, 31, 6, **(1973)** 237-243.
- ÇAKICIER, N., *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **(2007)**.
- DEMİR, M., *Anorganik Kimya ve Uygulaması*, İnö. Üni. Fen Edebiyat Fak., 3.Baskı, p.458, Ankara, **(1991)**.
- ENJILY, V., JONES, D., , The Potential for Modified Materials in The Panel Products Industry, *Wood Resources and Panel Properties Conference 12-14 June, 2006*, Valencia, Spain, COST Action, **(2006)** E44-E49.
- ESTEVEES, B., MARQUES, A. V., DOMINGOS, I., PEREIRA, H., Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Sci Techn.*, 42: **(2008)** 369–384 DOI 10.1007/s00226-007-0157-2.
- FENGEL, D., WEGENER, G., *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions* Walter De, Germany, **(1989)**.
- FORSMAN, S., *Heat Treated Wood*, Master Thesis, Lulea University of Technology, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Skellefteå-Sweden, ISSN:1402-1617, 166 CIV, **(2008)**.

- 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*, Vol: 63, **(2009)** 385–393.
- HILL, C.A.S., , *Wood Modification*, Chemical, Thermal and Other Processes, Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons Inc., 260 pages, Chichester, UK. ISBN: 13: 978-0-470-02172-9., **(2006)**.
- HILL, C.A.S., *Wood modification*, Jonhn Wiley&Sons, Ltd., England, **(2006)** 99-126.
- HOLAN J., *Norwegian wood: A tradition of building*, Rizzoli International Publications, Inc., New York, ISBN 0-8478-0954-4. **(1990)**.
- INOUE, M., NORIMOTO, M., TANAHASHI, M., ROWELL, R.M., Steam or Heat Fixation of Compressed Wood, *Wood and Fiber Science*, 25(3), **(1993)** 224-235.
- ISO 2813., Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20°, 60° und 85°, **(1994)**.
- JOHANSSON, D., Strenght and *Colour Response of Solid Wood to Heat Treatment*, Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Technology, Skellefteå-Sweden, ISSN 1402-1757 / ISRN LTU-LIC--05/93--SE / NR 2005:93, **(2005)**.
- JOHANSSON, C.I., SADDLER, J.N., and BEATSON, R., Characterization of The Polyphenolics Related to The Colour of Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn) Heartwood, *Holzforschung*, 54, **(2000)** 246-254.
- JOHANSSON, D. and MOR'EN, T., The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, **(2006)** 104–110.
- 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)**.
- KANTAY, R., Termik İşlem Uygulanmış Odunun Üretimi ve Özelliklerine Genel Bakış, *Ağaç Makineleri Teknolojisi ve Araştırma Dergisi*, 27, **(2007)** 147-150.

- KIRSI M, ANNA-STIINA J., LEILA A., TUULA T.P. and TAPANI V., Chemical Changes in Silver Birch (*Betula Pendula* Roth) Wood Caused by Hydrogen Peroxide Bleaching and Monitored by Color Measurement (CIELab) and UV-Vis, FTIR and UVR Spectroscopy, *Holzforschung*, Copyright by Walter de Gruyter, Berlin, New York, Vol: 59, (2005) 381–388.
- KOCAEFE, D., YOUNSI R., PONCSAK, S., KOCAEFE, Y., Comparison of Different Models for The High-Temperature Heat-Treatment of Wood, *International Journal of Thermal Sciences*, 46, (2007) 707–71.
- KORKUT, S., The Effects of Heat Treatment on Some Echnological Properties in Uludag Fir (*Abies bornmuellerinana* Mattf.) Wood, *Building and Environment*, 43, (2008) 422–428.
- KORKUT, S., KOCAEFE D., Isıl İşlemin Odun Üzerindeki Etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, , Sayı:2, Cilt:5, (2009) ISSN:1306-2182.
- LALLUKKA, T., Stellac®Technology and Equipment for Thermal Modification of Wood, *The Third European Conference on Wood Modification*, (2007) 251 – 254.
- LEITHOFF, H., PEEK, R. D., , Hitzebehandlung - Eine Alternative Zum Chemischen Holzschutz, *Tagungsband zur 21. Holzschutz-Tagung der DGfH, in Rosenheim*, (1998) 97-108.
- MAYES, D. and OKSANEN, O., *ThermoWood Handbook*, Finnforest, Finland, (2002).
- MERCK KİMYA, Katalog No:105621, *Sodyum Silikat (NaSiO_3)*, Frankfurter Str. 250 64293 Darmstadt Germany (2012).
- MERCK KİMYA, Katalog No:106482, *Sodyum hidroksit (NaOH)*, Frankfurter Str. 250 64293 Darmstadt Germany (2012).
- MERCK KİMYA, Katalog No:114731, *Hidrojen Peroksit (H_2O_2)*, Frankfurter Str. 250 64293 Darmstadt Germany (2012).
- MERCK KİMYA, Katalog No:816144, *Oksalik asit ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)*, Frankfurter Str. 250 64293 Darmstadt Germany (2012).
- 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, Department of Forest Products

- Technology, Laboratory of Forest Products Chemistry, Reports Series A 23, Espoo-Finland, (2005).
- ÖRS, Y., KESKİN, H., , *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 975 – 6574 – 01 – 1, (2001).
- ÖZÇİFÇİ A., ALTUN S., YAPICI F., , Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, (2009) Karabük.
- PAYNE, H.F., *Organic Coating Technology*, Volume II, Printed in New York, U.S.A., Fourth Printing, (1967).
- RAPP A.O., and SAILER M., Heat Treatment in Germany, *Proceedings of Seminar, Production ve Development of Heat Treated Wood in Europe*, Nov. (2000) Helsinki, Olso.
- ROGER, M.R., Heat Treatments of Wood to Improve Decay Resistance, *Proceedings of The 6th Meeting of The Nordic-Baltic Network in Wood Material Science And Engineering (Wse)*, October 21–22, Tallinn, Estonia, (2010) 23-33.
- ROWELL, R.M., REBECCA, R.E., I., MCSWEENY, J. and NILSSON, T., Understanding Decay Resistance, Dimensional Stability and Strength Changes in Heat Treated and Acetylated Wood, *European Conference on Wood Modification April 27-29*, Stockholm, Sweden, (2009) 489-502.
- SCHEIDING, W., KRUSE K., PLASCHKIES, K., WEISS, B., *Thermally Modified wood for play ground toys*, Investigation on 13 Industrially Manufactured Products, (2005).
- SCHNIEDER, A., Investigation on the Convection Drying of Lumber at Extremely High Temperatures, *Holz Roh-und Werkstoff*, 31, (1973) 198 – 206.
- SEFİL, Y., *Thermowood yöntemiyle ısıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (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).

- SEHLSTEDT-PERSSON, M., High temperature drying of scots pine. A comparison between HT- and LT-drying, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 53, (1995) 95-99.
- SIDOROVA E., *Trends and reasons for development of heat treated wood*, Master thesis, Lulea University of Technology, (2009).
- SJÖSTRÖM, E., *Wood Chemistry*, Fundamentals and Applications, Second Edition, Academic Press, San Diego-California, 92101-4495 USA, 293, (1993).
- SÖNMEZ, A. ve BUDAKÇI, M., *Ağaç İşlerinde Üstyüzey İşlemleri*, Gazi Kitap Evi, , Gazi Üniversitesi, Ankara, 975 – 97281 – 0 – 9 (TK), (2004).
- SÖNMEZ, A., *Ağaç İşlerinde Üstyüzey İşlemleri I*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 975-97281-0-9, (2005).
- SÖNMEZ, A., *Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üstyüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1989).
- SÖNMEZ, A., M. BUDAKÇI, Z. DEMIRCI, M. AKKUŞ, , Effects of thermal aging on the film hardness of some wood varnishes, *BioResources*, 6 (4), (2011) 4594-4605.
- STAMM, A.J. and HANSEN, L.A., , Minimizing Wood Shrinkage and Swelling. Effect of Heating in Various Gasses, *Industrial and Engineering Chemistry*, 29 (7), (1937) 831-833.
- STAMM, A.J., BURR, H.K. and KLINE, A.A., Heat Stabilized Wood, *Industrial and Engineering Chemistry*, 38 (6), (1946) 630-634.
- SUNDQVIST, B., Color response of Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pubescens*) subjected to heat treatment in capillary phase, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 60, (2002) 106–114.
- SUNDQVIST, B., *Colour Changes and Acid Formation in Wood During Heating*. Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Skellefteå-Sweden, ISSN 1402-1544 / ISRN LTU-DT--04/10—SE, (2004).
- SUNDQVIST B., KARLSSON, O., WESTERMARK, U., Determination of Formic-Acid and Acetic Acid Concentrations Formed During Hydrothermal Treatment of

- Birch Wood And Its Relation to Colour, Strength and Hardness, *Wood Science Tech.*, 40, (2006) 549–561.
- TIEMANN, H.D., The Effect of Different Methods of Drying on The Strength, (1915).
- TJEERDSMA, F.B., Heat Treatment of Wood - Thermal Modification, *Coford Seminar on Wood Modification 9 February*, University of Limerick, Dublin, Ireland., (2006).
- TORRES, M.R., HEITZ, M., CHAUVETTE, G., CHORNET, E., , Conversion and Solubilization Profiles of A Prototype Hardwood (*Populus Tremuloides*) Following Aqueous Thermomechanical Pre-Treatment, *Biomass*, 10:85-96. Ruyter HP European patent Appl. No. 89-203170.9, (1986).
- TS. 2470., Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, *TSE Standardı*, Ankara, 1-7, (1976).
- TS. 6037.,- EN ISO 2815., , (Buchholz) boya vernik veya ilgili ürünün tek katlı veya çok katlı sistemlerine ezilme deneyi tayini, (2005).
- TS.7385., Mobilya Yüzeyleri-Çizilme Mukavemetinin Kurşun Kalem Deneyi İle Tayini, T.S.E., Ankara, (1989).
- TUNÇGENÇ, M., *Genel Boya Bilgileri*, Teknik Bülten, Akzo Nobel Kemipol A.Ş. (2004).
- TWEDE, D., The Cask Age: The Technology and History Of Wooden Barrels. *Packing Technology and Science*, 18 (5), (2005) 253-264.
- UYSAL, B., SÖNMEZ, A., ATAR, M., ÖZÇİFÇİ, A., Ağaç Malzemede Renk Açma İşlemleri ve Verniklerin Renk Değiştirici Etkisi. *TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Dergisi*, Ek Sayı, 4, (1999) 849-854.
- ÜNSAL, O., KORKUT, S., and ATİK, A., The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour in Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood, *Maderas Cienciay tecnologia*, 5, 2, (2003) 145–152.
- VERNOIS, M., Heat Treatment of Wood in France – State of The Art, Review on Heat Treatments of Wood, *Proceedings of Special Seminar Held in Antibes, on 9 February 2001*, France, (2001) 39-46.
- VIITANEN, H., JÄMSÄ, S., PAAJANEN, L., NURMI, A. AND VIITANIEMI, P. The effect of heat treatment on the properties of spruce, A preliminary report,

International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP, (1994) 94-40032.

WIKBERG, H., *Advanced Solid State NMR Spectroscopic Techniques in the Study of Thermally Modified Wood*, Academic Dissertation, University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki- Finland, (2004).

YAŞAR, S., Kızılçam ekstraktif maddelerinde ısıt işlemler uygulanması sonucu oluşan renk değişimleri üzerine araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A, Sayı:1, (2009) 95-100.

YILDIZ, S., *Physical, Mechanical, Technological and Chemical Properties Of Fagus Orientalis and Picea Orientalis Wood Treat By Heat*, Phd Thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, (2002).

6. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKKUŞ, Memiş
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.04.1984 / Konya
Telefon : 0 (380) 542 11 33 (2120)
Faks : 0 (380) 542 11 34
e-mail : memisakkus@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Muğla Üniversitesi/ Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü	2008
Lise	Atatürk Endüstri Meslek Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce (ÜDS : 65)

Yayınlar

Sönmez, A., Budakçı, M., Demirci, Z., Akkuş, M., , Effects of Thermal Aging on The Film Hardness Of Some Wood Varnishes, NC State University, *BioResources* 6(3), (2011).

Budakçı, M., Akkuş, M., , Determinaton The Resistance Of The Veneer Adhesion Strength On Some Wood Based Panels, *6 The International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, (2011), 16-18 May, Elazığ, Turkey.

Budakçı, M., Akkuş, M., Production and Use of Water Borne Varnishes and Paints in Turkey, *6 The International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May (2011) Elazığ, Turkey.

Budakçı, M., Akkuş, M., , Bazı Ahşap Esaslı Levhalarda Kaplama Yapışma Direncinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, Cilt:14, Sayı:1, **(2011)** 67-71.

