



---

**Makale / Research Paper**

---

**Isıl İşlem (ThermoWood Method) Görmüş Akçaağaç, Kayın, Kızılcım Ve Dişbudak Odunlarında Renk Ve Parlaklık Değerlerinin Belirlenmesi**

Tuğba GÜRLEYEN<sup>1</sup>, Ümit AYATA<sup>2\*</sup>, Levent GÜRLEYEN<sup>3</sup> ve Bruno ESTEVES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Düzce, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, Orman Ürünleri Programı, Oltu/Erzurum, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Yığılca Çok Programlı Anadolu Lisesi, Yığılca/Düzce, TÜRKİYE,

<sup>4</sup>Superior School of Technology Polytechnic Institute of Viseu, Viseu, PORTUGAL.  
e-mail: [umitayata@atauni.edu.tr](mailto:umitayata@atauni.edu.tr)

**Received/Geliş:** 30.12.2017

**Revised/Düzeltilme:** 08.02.2018

**Accepted/Kabul:** 08.02.2018

**Öz:** Bu çalışmada, 212°C'de 1 saat ve 2 saat süreyle ısıl işlem (ThermoWood metot, Novawood Fabrikası, Gerede-Bolu, Türkiye) görmüş dişbudak (*Fraxinus excelsior*), kayın (*Fagus orientalis* L.), akçaağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) ve kızılçım (*Pinus resinosa*) odunu türlerinin renk ve parlaklık değerleri incelenmiştir. Isıl işlemden sonra, bu ısıl işlem görmüş ağaç türlerinin renk ve parlaklık değerleri ısıl işlem görmemiş örnekler ile kıyaslanmıştır. Test sonuçlarına göre;  $\Delta E^*$  değerleri artmıştır. Isıl işlem süresinin artması ile dişbudak, kayın ve akçaağaç odunlarında  $L^*$  ve  $b^*$  parametreleri azalmıştır.  $a^*$  parametresi kızılçım ve akçaağaç odunlarında ısıl işlem süresinin artması ile artmıştır. Isıl işlem süresinin artması ile 85°'de paralel ve dik parlaklık değerleri kızılçım ve akçaağaç odunlarında artmıştır. Isıl işlem sıcaklık ve süreleri odun örneklerinde renk ve parlaklık değerlerini değiştirmiştir.

**Anahtar kelimeler:** ThermoWood; ısıl işlem; renk; parlaklık; ahşap

---

**Determination of Glossiness and Color Values on Ash, Beech, Red-bud maple, and Red pine Wood Species Heat-treated (ThermoWood Method)**

**Abstract:** This study examined the color and glossiness of ash, beech, red-bud maple, and red pine wood species after being heat-treated at 212°C for 1 hour and 2 hours (ThermoWood method, Novawood Factory, Gerede-Bolu City, Turkey). Later these heat treatment processes, color, and glossiness values of heat-treated wood species were compared to untreated samples. According to obtained test results,  $\Delta E^*$  values increased.  $L^*$  and  $b^*$  parameters for ash, beech, and red-bud maple wood species decreased with the increase of heat treatment time.  $a^*$  parameter for red pine and red-bud maple wood samples increased when the heat treatment time increased. The perpendicular and parallel glossiness values at 85° on red-bud of maple and red pine wood species increased with heat treatment time increasing. The heat treatment times and temperature changed the color and glossiness values of wood materials.

**Keywords:** ThermoWood; heat treatment; color; glossiness; wood.

---

[Bu makaleye atıf yapmak için](#)

Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., ve Esteves, B., "Isıl İşlem (ThermoWood Method) Görmüş Akçaağaç, Kayın, Kızılcım Ve Dişbudak Odunlarında Renk Ve Parlaklık Değerlerinin Belirlenmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 566-575.

[How to cite this article](#)

Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., and Esteves, B., "Determination of Glossiness and Color Values on Ash, Beech, Red-Bud maple, and Red pine Wood Species Heat-treated (ThermoWood Method)" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 566-575.

## 1. Giriş

Isıl işlem den sonra ahşap malzemenin yapısı değişmektedir. Bu değişiklikler üzerine ısıl işlem görmüş ağaç malzemeler üzerinde mekanik [10,13,19], fiziksel [9,11], üst yüzey işlemleri [5-14], biyolojik direnç [4-8,20], korozyon [21] gibi çeşitli özelliklerin belirlenmesi için araştırmalar yapılmıştır. Isıl işlem sonrasında ahşabın yüzey özelliklerinden olan renk ve parlaklık değerleri değişmektedir. Örneğin ThermoWood yöntemine göre 212 °C’de 1 ve 2 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış afrormosia (*Pericopsis elata*), doussie (*Afzelia bipindensis*), frake (*Terminalia superba*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) odun türlerinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri ile liflere paralel ve dik parlaklık değerlerinin ısıl işlem den sonra değiştiği bildirilmiştir [4]. Yapılan başka araştırmalarda ise, ThermoWood yöntemine göre 212°C’de 1.5 ve 2.5 saat süreyle ısıl işlem görmüş [18] ve ThermoWood yöntemine göre 190°C’de 1 ve 2 saat ile 212°C’de 1 ve 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş [7] yabani kiraz (*Prunus avium*) odununda, sürenin ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak 60°’de ölçülen liflere dik ve paralel parlaklık değerleri belirlenmiştir. Isıl işlem den sonra toplam renk farkı değerinin arttığı da birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir [4-7,13-18,19]. Bu değişikliklerin sebebi olarak; ısıl işlem nedeniyle meydana gelen renk değişimiyle kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH miktarı arasında ilişki olduğu söylenmiştir [12]. Bu çalışmada, 212°C’de 1 saat ve 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş ve görmemiş (kontrol) akçaağaç, kızılçam, kayın ve dişbudak odunlarına ait örnekler üzerinde renk ( $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $a^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta b^*$ ) ve parlaklık (20°, 60°, 85°’de yüzeye dik ve paralel yönde) değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 3. Deneysel çalışmalar

### 3.1. Kullanılan Malzemeler

#### 3.1.1 Örneklerin temin edilmesi

Dişbudak (*Fraxinus excelsior*), kayın (*Fagus orientalis* L.), akçaağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) ve kızılçam (*Pinus resinosa*) odunları Arın Orman Ürünleri’nden temin edilmiştir (Düzce, Türkiye). Renk ve parlaklık ölçümleri için odun örnekleri 100 cm × 10 cm × 2 cm boyutlarında alınmış, ISO 554 [1976] standardına göre iklimlendirme işlemlerine maruz bırakılmıştır.

#### 3.1.2. Isıl işlem uygulaması (ThermoWood Metot)

Isıl işlem uygulamaları için Bolu-Gerede’de bulunan Novawood Fabrikası’nda bilgisayar kontrollü fırınlarda ThermoWood kitabında [Anonymous 2003] bahsedildiği şekilde uygulanmıştır. Daha sonra ısıl işlem görmüş örnekler yeniden ISO 554 [15] standardına göre iklimlendirme işlemlerine maruz bırakılmıştır.

### 3.2. Testler

#### 3.2.1. Renk ölçümü

Isıl işlem görmüş ve görmemiş odunlara ait renk ölçümleri X Rite Ci62 marka (Regensdor, Switzerland) (Wavelength Resolution 10 nm, Measurement Geometry D/8°) in a D65 standard illuminant cihazında yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Renk ölçüm cihazı (X-Rite Ci62 Series)

Aşağıda verilen eşitlikler yardımı ile  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta E^*$  değerleri hesaplanmıştır.

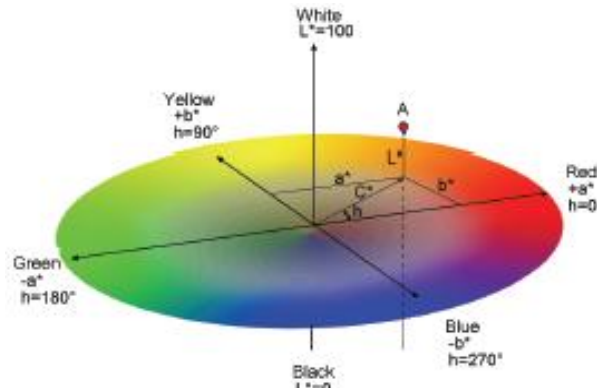
$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{ısıll işlem uygulanmış}} - L^*_{\text{kontrol}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{ısıll işlem uygulanmış}} - b^*_{\text{kontrol}} \quad (3)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{ısıll işlem uygulanmış}} - a^*_{\text{kontrol}} \quad (4)$$

Üç boyutlu renk şablonu Şekil 1'de gösterilmiştir [17].



Şekil 1. Üç boyutlu renk şablonu CIEL\*a\*b\* [17].

### 3.2.2. Parlaklık ölçümü

Isıl işlem gömüş ve görmemiş ahşap malzemelerin yüzeye parlaklık ölçümleri Meter Poly gloss GL0030 TQC (TQC BV, Neuss, Germany) (Şekil 2) cihazda 20°, 60° ve 85°'de liflere dik ve paralel olacak şekilde ISO 2813 [16] standardına göre yapılmıştır.



Şekil 2. Parlaklık ölçüm cihazı GL0030 TQC

### 3.3. İstatistiksel Analiz

Renk ve parlaklık ölçüm sonuçlarına ait değerler kullanılarak, SPSS 17 programında (Sun Microsystems, Inc., Santa Clara, CA, USA) Duncan ve Çoklu varyans analizleri belirlenmiştir. Renk ve parlaklık ölçümleri için deney örneklerinden 10'ar adet ölçüm alınmıştır.

### 4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Renk ölçümleri için varyans analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre;  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri için faktör ağaç türü (A) ve ısıl işlem (B) ile etkileşim (AB) değerleri anlamlı bulunmuştur (0.05) (Tablo 1).  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $85^\circ$ 'de yüzeye dik ( $\perp$ ) parlaklık ölçümleri için varyans analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; yüzeye dik ( $\perp$ ) parlaklık ölçümleri için faktör ağaç türü (A) ve ısıl işlem (B) ile etkileşim (AB) değerlerinin anlamlı oldukları (0.05) tespit edilmiştir (Tablo 2).  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $85^\circ$ 'de yüzeye paralel ( $//$ ) parlaklık ölçümleri için varyans analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre;  $60^\circ$ 'de yapılan liflere paralel parlaklık ölçümlerine ait etkileşim (AB) önemsiz, faktör ağaç türü (A) ve ısıl işlem (B) anlamlı oldukları (0.05) belirlenmiştir. Bunun yanında  $20^\circ$  ve  $85^\circ$ 'de yüzeye paralel ( $//$ ) parlaklık ölçümleri için ise faktör ağaç türü (A) ve ısıl işlem (B) ile etkileşim (AB) değerlerinin anlamlı oldukları (0.05) görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 1. Renk ölçümlerine ait varyans analiz sonuçları

Test	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
$L^*$	Ağaç türü	2677.795	3	892.598	338.884	0.000*
	Isıl işlem	26662.907	2	13331.454	5061.427	0.000*
	Etkileşim	2453.958	6	408.993	155.279	0.000*
	Hata	284.465	108	2.634		
	Toplam	362719.934	120			
$a^*$	Ağaç türü	54.828	3	18.276	66.139	0.000*
	Isıl işlem	408.746	2	204.373	739.607	0.000*
	Etkileşim	164.245	6	27.374	99.064	0.000*
	Hata	29.843	108	0.276		
	Toplam	10886.903	120			
$b^*$	Ağaç türü	1822.376	3	607.459	564.684	0.000*
	Isıl işlem	276.299	2	138.149	128.422	0.000*
	Etkileşim	129.379	6	21.563	20.045	0.000*
	Hata	116.181	108	1.076		
	Toplam	48572.494	120			

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

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar Tablo 4.'de verilmiştir. En yüksek toplam renk farkı değeri  $212^\circ\text{C}$ 'de 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş akçaağaç türünde, en düşük  $212^\circ\text{C}$ 'de 1 saat süreyle ısıl işlem görmüş kızılçam odununda belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre ahşap malzemelere uygulanan ısıl işlemde sürenin artmasına bağlı olarak  $\Delta E^*$  değerlerinin arttığı görülmüştür. Yapılan diğer ısıl işlemlerli çalışmalarda da toplam renk farkının ısıl işlem muamelesinin artması ile arttığı belirlenmiştir [1, 2, 4, 7, 13, 18, 19]. Renk ölçümlerine ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; en yüksek  $L^*$  değeri akçaağaç odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde, en düşük  $212^\circ\text{C}$ 'de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş akçaağaç odununda elde edilmiştir. Dişbudak, kayın ve akçaağaç odununda ısıl işlem süresinin artması ile  $L^*$  değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Tablo 2. Yüzeye dik yönde yapılan parlaklık ölçümlerine ait varyans analiz sonuçları

Test	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
120°	Ağaç türü	1.200	3	0.400	9.179	0.000*
	Isıl işlem	40.141	2	20.070	460.701	0.000*
	Etkileşim	2.725	6	0.454	10.424	0.000*
	Hata	4.705	108	0.044		
	Toplam	272.630	120			
160°	Ağaç türü	24.733	3	8.244	44.225	0.000*
	Isıl işlem	36.569	2	18.284	98.083	0.000*
	Etkileşim	28.169	6	4.695	25.184	0.000*
	Hata	20.133	108	0.186		
	Toplam	1422.350	120			
185°	Ağaç türü	28.590	3	9.530	50.816	0.000*
	Isıl işlem	61.961	2	30.980	165.196	0.000*
	Etkileşim	31.999	6	5.333	28.438	0.000*
	Hata	20.254	108	0.188		
	Toplam	940.540	120			

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

Tablo 3. Yüzeye paralel yönde yapılan parlaklık ölçümlerine ait varyans analiz sonuçları

Test	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0,05$
//20°	Ağaç türü	2.859	3	0.953	105.344	0.000*
	Isıl işlem	40.445	2	20.222	2235.427	0.000*
	Etkileşim	4.279	6	0.713	78.841	0.000*
	Hata	0.977	108	0.009		
	Toplam	207.030	120			
//60°	Ağaç türü	29.946	3	9.982	16.749	0.000*
	Isıl işlem	45.670	2	22.835	38.315	0.000*
	Etkileşim	7.576	6	1.263	2.119	0.057
	Hata	64.366	108	0.596		
	Toplam	1794.800	120			
//85°	Ağaç türü	914.038	3	304.679	38.287	0.000*
	Isıl işlem	778.123	2	389.061	48.890	0.000*
	Etkileşim	333.947	6	55.658	6.994	0.000*
	Hata	859.449	108	7.958		
	Toplam	8987.410	120			

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

Tablo 4. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Ağaç türü	Isıl işlem	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	212°C'de 1 saat	-37.21	5.22	-0.80	37.58
	212°C'de 2 saat	-39.09	4.71	-3.29	39.51
Kızılçam ( <i>Pinus resinosa</i> )	212°C'de 1 saat	-20.94	5.79	-0.39	21.73
	212°C'de 2 saat	-20.89	6.17	-0.01	21.78
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	212°C'de 1 saat	-22.28	-0.36	-4.45	22.72
	212°C'de 2 saat	-25.03	-0.23	-5.83	25.70
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	212°C'de 1 saat	-42.09	4.82	-3.74	42.53
	212°C'de 2 saat	-45.09	5.19	-5.55	45.73

Tablo 5. Renk ölçümlerine ait istatistiki analiz sonuçları

Ağaç türü	Isıl işlem	N	Işıklılık ( $L^*$ ) değeri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	77.27	B	1.07	75.04	78.53
	212°C'de 1 saat	10	40.06	F	1.21	37.19	41.16
	212°C'de 2 saat	10	38.18	GH	1.04	36.88	40.50
Kızılcım ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	73.48	C	4.16	63.46	77.77
	212°C'de 1 saat	10	52.54	E	0.60	51.52	53.83
	212°C'de 2 saat	10	52.59	E	0.88	50.93	53.45
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	62.00	D	1.70	59.12	64.20
	212°C'de 1 saat	10	39.72	F	0.53	39.15	40.69
	212°C'de 2 saat	10	36.97	HI	1.63	35.17	40.52
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	81.42	A*	0.34	80.93	81.86
	212°C'de 1 saat	10	39.33	FG	1.77	37.13	42.50
	212°C'de 2 saat	10	36.33	I	0.68	35.50	37.85
Ağaç türü	Isıl işlem	N	Kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu değeri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	5.64	E	0.23	5.14	5.92
	212°C'de 1 saat	10	10.86	B	0.40	9.88	11.32
	212°C'de 2 saat	10	10.35	C	0.27	9.88	10.81
Kızılcım ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	5.54	E	1.45	2.99	8.04
	212°C'de 1 saat	10	11.33	A	0.18	11.11	11.64
	212°C'de 2 saat	10	11.71	A*	0.14	11.54	11.97
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	10.34	C	0.37	9.66	10.77
	212°C'de 1 saat	10	9.98	CD	0.33	9.65	10.56
	212°C'de 2 saat	10	10.11	CD	0.28	9.76	10.78
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	4.98	F	0.08	4.87	5.13
	212°C'de 1 saat	10	9.80	D	0.67	8.90	10.84
	212°C'de 2 saat	10	10.17	CD	0.35	9.57	10.67
Ağaç türü	Isıl işlem	N	Sarı renk ( $b^*$ ) tonu değeri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	19.48	D	0.23	19.15	19.84
	212°C'de 1 saat	10	18.68	D	1.43	15.46	19.85
	212°C'de 2 saat	10	16.19	EF	1.11	14.56	18.53
Kızılcım ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	26.44	A*	2.34	23.71	30.66
	212°C'de 1 saat	10	26.06	A	0.35	25.34	26.53
	212°C'de 2 saat	10	26.43	A	0.56	25.46	27.30
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	19.98	BC	1.07	18.64	21.54
	212°C'de 1 saat	10	15.54	FG	0.79	14.36	16.59
	212°C'de 2 saat	10	14.15	H	0.67	13.42	15.39
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	20.62	B	0.35	19.80	21.06
	212°C'de 1 saat	10	16.89	E	0.85	15.43	17.91
	212°C'de 2 saat	10	15.08	G	0.78	14.01	16.70

N: Ölçüm sayısı, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Yapılan araştırmalarda ısıl işlemden sonra  $L^*$  değerinin azaldığı belirlenmiştir [1,2,22]. En yüksek  $a^*$  değeri 212 °C'de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş kızılçım odununda belirlenirken, en düşük akçaağaç odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde tespit edilmiştir (Tablo 5). Kızılcım ve akçaağaç odununda ısıl işlem süresinin artması ile  $a^*$  değerlerinin arttığı görülmüştür. En yüksek  $b^*$  değeri kızılçım odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde tespit edilirken, en düşük 212°C'de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş kayın odununda gözlemlenmiştir (Tablo 5). Dişbudak, kayın ve akçaağaç odununda ısıl işlem süresinin artması ile  $b^*$  değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda ısıl işlemden sonra  $b^*$  değerinin azaldığı rapor edilmiştir [1,2,22].

Tablo 6. Yüzeze dik parlaklık ölçümlerine ait istatistiki analiz sonuçları

Ağaç türü	Isıl işlem	N	120°'de parlaklık değerleri				
			Ortalama HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum	
Dişbudak	Kontrol	10	2.45	A*	0.07	2.40	2.60
( <i>Fraxinus</i>	212°C'de 1 saat	10	0.69	F	0.07	0.60	0.80
<i>excelsior</i> )	212°C'de 2 saat	10	0.93	E	0.09	0.80	1.10
Kızılçam	Kontrol	10	2.10	BC	0.07	2.00	2.20
( <i>Pinus</i>	212°C'de 1 saat	10	1.19	D	0.11	1.00	1.40
<i>resinosa</i> )	212°C'de 2 saat	10	1.30	D	0.08	1.20	1.40
Kayın	Kontrol	10	1.93	C	0.11	1.70	2.10
( <i>Fagus</i>	212°C'de 1 saat	10	0.90	E	0.12	0.80	1.10
<i>orientalis</i> L.)	212°C'de 2 saat	10	0.97	E	0.08	0.90	1.10
Akçaağaç	Kontrol	10	2.23	B	0.16	2.00	2.40
( <i>Acer trautvetteri</i>	212°C'de 1 saat	10	0.71	F	0.13	0.60	1.00
Medw.)	212°C'de 2 saat	10	0.99	E	0.64	0.70	2.80
Ağaç türü	Isıl işlem	N	160°'de parlaklık değerleri				
			Ortalama HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum	
Dişbudak	Kontrol	10	4.58	A	0.33	4.10	5.00
( <i>Fraxinus</i>	212°C'de 1 saat	10	1.71	F	0.21	1.40	2.00
<i>excelsior</i> )	212°C'de 2 saat	10	4.48	A	0.51	3.80	5.20
Kızılçam	Kontrol	10	3.13	CB	0.16	2.90	3.30
( <i>Pinus</i>	212°C'de 1 saat	10	2.76	DE	0.53	2.00	3.30
<i>resinosa</i> )	212°C'de 2 saat	10	2.94	CD	0.28	2.60	3.40
Kayın	Kontrol	10	4.59	A*	0.66	3.90	5.60
( <i>Fagus</i>	212°C'de 1 saat	10	3.22	C	0.63	2.80	4.40
<i>orientalis</i> L.)	212°C'de 2 saat	10	3.89	B	0.23	3.70	4.30
Akçaağaç	Kontrol	10	2.96	CD	0.34	2.40	3.40
( <i>Acer trautvetteri</i>	212°C'de 1 saat	10	2.47	E	0.59	1.80	3.60
Medw.)	212°C'de 2 saat	10	2.96	CD	0.30	2.40	3.30
Ağaç türü	Isıl işlem	N	185°'de parlaklık değerleri				
			Ortalama HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum	
Dişbudak	Kontrol	10	2.39	CD	0.35	1.90	3.00
( <i>Fraxinus</i>	212°C'de 1 saat	10	1.87	E	0.37	1.40	2.70
<i>excelsior</i> )	212°C'de 2 saat	10	4.75	A*	0.60	3.80	5.60
Kızılçam	Kontrol	10	1.24	F	0.15	1.10	1.50
( <i>Pinus</i>	212°C'de 1 saat	10	2.00	DE	0.45	1.20	2.50
<i>resinosa</i> )	212°C'de 2 saat	10	2.18	DE	0.25	1.80	2.60
Kayın	Kontrol	10	2.75	C	0.64	1.90	3.60
( <i>Fagus orientalis</i>	212°C'de 1 saat	10	2.71	C	0.64	2.10	3.70
L.)	212°C'de 2 saat	10	3.52	B	0.17	3.30	3.80
Akçaağaç	Kontrol	10	1.06	F	0.10	0.90	1.20
( <i>Acer trautvetteri</i>	212°C'de 1 saat	10	2.68	C	0.55	1.80	3.70
Medw.)	212°C'de 2 saat	10	3.79	B	0.43	3.20	4.30

N: Ölçüm sayısı, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Yapılan bir çalışmada, ThermoWood yöntemine göre 212°C'de 1 ve 2 saat süreyle ısıl işlem görmüş afrormosia (*Pericopsis elata*), doussie (*Azelia bipindensis*), frake (*Terminalia superba*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) odun türlerine ait deney örneklerinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ısıl işlemten sonra değiştiği sonucuna varmışlardır [4]. Yüzeze dik parlaklık ölçümlerine ait istatistiki analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; en yüksek 120°'de parlaklık değeri dişbudak odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş dişbudak odununda elde edilmiştir. En yüksek 160°'de parlaklık değeri kayın odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde belirlenirken, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş dişbudak odununda tespit edilmiştir (Tablo 6). En yüksek 185°'de parlaklık değeri

212°C’de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş dişbudak odununda tespit edilirken, en düşük akçaağaç odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerde belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 7. Yüzeyle paralel parlaklık ölçümlerine ait istatistiki analiz sonuçları

Ağaç türü	Isıl işlem	N	//20°’de parlaklık değerleri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	2.17	B	0.11	2.00	2.30
	212°C’de 1 saat	10	0.60	H	0.08	0.50	0.70
	212°C’de 2 saat	10	0.71	GH	0.10	0.60	0.90
Kızılçam ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	1.98	C	0.08	1.90	2.10
	212°C’de 1 saat	10	0.99	F	0.14	0.80	1.30
	212°C’de 2 saat	10	1.16	E	0.11	1.10	1.40
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	1.46	D	0.13	1.30	1.70
	212°C’de 1 saat	10	0.68	GH	0.08	0.60	0.80
	212°C’de 2 saat	10	0.69	GH	0.09	0.60	0.80
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	2.26	A*	0.05	2.20	2.30
	212°C’de 1 saat	10	0.46	I	0.05	0.40	0.50
	212°C’de 2 saat	10	0.63	GH	0.07	0.60	0.80
Ağaç türü	Isıl işlem	N	//60°’de parlaklık değerleri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	4.64	AB	0.92	2.40	6.10
	212°C’de 1 saat	10	2.52	E	0.89	1.50	4.50
	212°C’de 2 saat	10	3.54	CD	1.39	1.80	5.60
Kızılçam ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	3.80	CD	0.26	3.50	4.40
	212°C’de 1 saat	10	2.57	E	0.57	1.90	3.50
	212°C’de 2 saat	10	3.32	D	0.23	3.00	3.60
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	5.17	A*	1.03	4.10	7.00
	212°C’de 1 saat	10	3.76	CD	1.00	3.00	6.00
	212°C’de 2 saat	10	4.70	AB	0.83	3.60	6.10
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	3.68	CD	0.21	3.40	3.90
	212°C’de 1 saat	10	2.60	E	0.29	2.30	3.10
	212°C’de 2 saat	10	4.16	BC	0.54	3.60	5.30
Ağaç türü	Isıl işlem	N	//85°’de parlaklık değerleri				
			Ortalama	HG	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Dişbudak ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Kontrol	10	7.26	CD	1.38	5.00	9.10
	212°C’de 1 saat	10	5.18	DE	2.81	2.00	11.70
	212°C’de 2 saat	10	10.39	B	6.15	3.00	19.20
Kızılçam ( <i>Pinus resinosa</i> )	Kontrol	10	2.47	EF	0.67	1.40	4.00
	212°C’de 1 saat	10	2.98	EF	1.36	1.70	5.90
	212°C’de 2 saat	10	4.02	EF	1.01	2.70	5.30
Kayın ( <i>Fagus orientalis</i> L.)	Kontrol	10	8.64	BC	3.65	5.40	15.70
	212°C’de 1 saat	10	9.07	BC	4.33	5.30	16.00
	212°C’de 2 saat	10	15.05	A*	2.47	11.00	18.20
Akçaağaç ( <i>Acer trautvetteri</i> Medw.)	Kontrol	10	1.86	F	0.45	1.40	2.60
	212°C’de 1 saat	10	5.24	DE	0.92	4.50	7.00
	212°C’de 2 saat	10	13.41	A	2.32	10.90	18.20

N: Ölçüm sayısı, HG: Homojenlik grubu, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir.

Yüzeyle paralel parlaklık ölçümlerine ait istatistiki analiz sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; en yüksek //20°’de parlaklık değeri akçaağaç odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz) örneklerinde, en düşük 212°C’de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş akçaağaç odununda elde edilmiştir. En yüksek //60°’de parlaklık değeri dişbudak odununa ait kontrol (ısıl işlemsiz)



örneklerinde ortaya çıkarken, en düşük 212°C’de 1 saat süre ile ısıtıl işlem görmüş dişbudak odununda tespit edilmiştir (Tablo 7). En yüksek //85°’de parlaklık değeri 212°C’de 2 saat süre ile ısıtıl işlem görmüş kayın odununa ait örneklerde tespit edilirken, en düşük akçağaç odununa ait kontrol (ısıtıl işlemsiz) örneklerde gözlemlenmiştir (Tablo 7). Bu çalışmada, kızılçam ve akçağaç odunlarında ısıtıl işlem süresinin artması ile 185° ve //85°’de parlaklık değerlerinin arttığı görülmüştür. Yapılan bir araştırmada, ThermoWood yöntemine göre 212°C’de 1.5 ve 2.5 saat süreyle ısıtıl işlem görmüş [18] ve ThermoWood yöntemine göre 190°C’de 1 ve 2 saat ile 212°C’de 1 ve 2 saat süreyle ısıtıl işlem görmüş [7] yabancı kiraz (*Prunus avium*) odununda, sürenin ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak 60°’de yapılan liflere dik ve paralel parlaklık değerinin azaldığı sonucuna varılmıştır. Yapılan başka bir çalışmada ise ThermoWood yöntemine göre 212°C’de 1 ve 2 saat süreyle ısıtıl işlem görmüş afrormosia (*Pericopsis elata*), doussie (*Afzelia bipindensis*), frake (*Terminalia superba*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) odun türlerine ait örneklerde liflere dik ve paralel parlaklık değerlerinin ısıtıl işlem tarafından değiştiği bildirilmiştir [4].

## 5. Sonuçlar

Bu araştırmada, ThermoWood metoduna göre ısıtıl işlem görmüş kızılçam, akçağaç, kayın ve dişbudak odunlarının renk ve parlaklıkta meydana gelen değişiklikleri belirlenmiştir. SPSS sonuçlarına göre  $\Delta E^*$  değerleri bütün ağaç türlerinde ısıtıl işlem süresinin artması ile artmıştır. Kızılçam türünün toplam renk farkı değerleri birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Kayın, kızılçam ve dişbudak ağaç türleri üzerine ısıtıl işlem süresinin artması ile  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri azalmıştır.  $a^*$  değeri ise akçağaç, kızılçam ve dişbudak ağaç türleri için ısıtıl işlem süresinin artması ile arttığı görülmüştür. 20° ve 60°’ler için yapılan paralel ve dik parlaklık değerlerine ait test ölçüm sonuçlarında, 212°C’de 1 saatlik uygulama sonrasında azalmış, 2 saatlik uygulamadan sonra ise arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

## Teşekkür

Ahşap malzemelerin temini için Haşep Kaplama Firmasına (Düzce, Türkiye) ve ısıtıl işlem uygulamaları için ThermoWood Fabrikasına (Bolu-Gerede, Türkiye) teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- [1] Ahajji, A., Diouf, P.N., Aloui, F., Elbakali, I., Perrin, D., Merlin, A., and George, B.,” Influence of heat treatment on antioxidant properties and color stability of beech and spruce wood and their extractives”. Wood Science & Technology, 2009. 43: p. 69-83.
- [2] Aksoy, A., Deveci, M., Baysal, E., and Toker, H., “Color and gloss changes of socts pine after heat modification”. Wood Research, 2011. 56(3): p. 329-336.
- [3] Anonymous, ThermoWood® Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki, Finland, 2003.
- [4] Ayata, U., Gurleyen, L. and Esteves, B., “Effect of heat treatment on the surface of selected exotic wood species”. Drewno, 2017. 60(199): p. 105-116.
- [5] Ayata, U., Gurleyen, L., Esteves, B., Gurleyen, T., and Cakicier, N.,” Effect of heat treatment (ThermoWood) on some surface properties of parquet beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) with different layers of UV system applied”. BioResources, 2017. 12(2): p. 3876-3889.
- [6] Ayata, U., Akcay, C., and Esteves, B., “Determination of decay resistance against *P. ostreatus* and *C. puteana* fungus of heat-treated (ThermoWood) scotch pine, oak and beech wood species. Maderas-Ciencia y Tecnologia”, 2017. 19(3): p. 309-316.

- [7] Aydin, A., Korkut, S., and Cakicier, N., "Effect of heat treatment with ThermoWood Method on some surface characteristic of wild cherry wood", 3. Ulusal Mobilya Kongresi (UMK-2015), 10-12 Nisan 2015, Konya, Turkey, 2015. p. 539-554.
- [8] Bal, B.C., "Wood-water relationships and biological durability of heat-treated taurus fir wood. *Pro ligno*", 2015. 11(3): p. 3-10.
- [9] Bal, B.C., and Bektas, I., "The effects of heat treatment on the physical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*, *BioResources*", 2012. 7(4): p. 5117-5127.
- [10] Bal, B.C., and Bektas, I., "The effects of heat treatment on some mechanical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*". *Drying Technology*, 2013. 31(4): p. 479-485.
- [11] Bal, B.C., "Effects of heat treatment on the physical properties of heartwood and sapwood of *Cedrus Libani*", *Bioresources*, 2012. 8(1): p. 211-219.
- [12] Chow, S.Z., and Mukai, H.N., "Effect of thermal degradation of cellulose on wood polymer bonding. *Wood Science*", 1972. 4(4): p. 202-208.
- [13] Çalıova, Z., Kızılağaç ve doğu ladin odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıtma işleminin etkisi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, Türkiye, 2011.
- [14] Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., and Cakicier, N., "Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application". *Maderas. Ciencia y tecnología*, 2017. 19(2): p. 213-224.
- [15] ISO 554, "Standard Atmospheres for conditioning and/or testing. International Standardization Organization", Geneva, Switzerland, 1976.
- [16] ISO 2813, "Paints and varnishes - Determination of Specular Gloss of Non-Metallic Paint Films at 20 Degrees, 60 Degrees and 85 Degrees, International Organization for Standardization", Geneva, Switzerland, 1994.
- [17] Johansson, D., "Strenght and colour response of solid wood to heat treatment, Graduate Thesis, Luleå University of Technology, Department of Skelleftea Campus, Division of Wood Technology", Sweden, 2005.
- [18] Korkut, D.S., Hızıroglu, S., and Aydin, A., "Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood". *BioResources*, 2013. 8(2): p. 1582-1590.
- [19] Sefil, Y., "ThermoWood yöntemiyle ısıtma işlemi görmüş göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri". Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, Türkiye, 2010.
- [20] Sivrikaya, H., Can, A., Troya, T., and Conde, M., "Comparative biological resistance of differently thermal modified wood species against decay fungi, *Reticulitermes grassei* and *Hylotrupes bajulus*", *Maderas Ciencia y tecnología*, 2015. 17(3): p. 559-570.
- [21] Yıldız, S., ve Can, A., "Isıtma işlemi uygulanmış ladin, karaçam, kayın ve kavak odunlarının korozyon özellikleri". I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayı, 2012. p. 62-68.
- [22] Zanoncio, A.J.V., Motta, J.P., Silveira, T.A., De Sá Farias, E., and Trugilho, P.F., "Physical and colorimetric changes in *Eucalyptus grandis* wood after heat treatment". *BioResources*, 2014. 9(1): p. 293-302.