



## Tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) Ağacına Ait Ahşabında Shore D Sertlik, Renk Parametreleri, Parlaklık ve Beyazlık İndeksi Değerleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Hüseyin PEKER<sup>1</sup>, Ümit AYATA<sup>2\*</sup>, Osman ÇAMLİBEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye,

<sup>2</sup>Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Peyzaj Anabilim Dalı, Bayburt, Türkiye,

<sup>3</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Pr., Kırıkkale, Türkiye,

### MAKALE BİLGİSİ

#### Makale Tarihleri:

Geliş tarihi  
27.10.2023  
Kabul tarihi  
18.12.2023  
Yayın tarihi  
29.12.2023

#### Anahtar Kelimeler:

*Cinnamomum camphora*  
Beyazlık indeksi  
Parlaklık  
Renk  
Isıl işlem

### ÖZET

Günümüzde ahşap malzeme için farklı metotlar kullanılarak ısıl işlem uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalar ile ahşabın sahip olduğu renk, parlaklık gibi yüzey özelliklerinin değiştiği bilinmektedir. Bu çalışmada, tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) ağacına ait odunlarında yapılan 200°C'de 3 saat süre ile ısıl işlem sonrasında meydana gelen bazı yüzey özellikleri [renk parametreleri, parlaklık değerleri ve beyazlık indeksi (WI\*)] ve shore D sertlik değeri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çok değişkenli varyans analizi sonuçları anlamlı olarak bütün testler üzerinde belirlenmiştir.  $\Delta L^*$  için -28.69,  $\Delta C^*$  için -16.06,  $\Delta a^*$  için -6.57,  $\Delta H^*$  için 21.61,  $\Delta b^*$  için -12.44 ve  $\Delta E^*$  için 31.95 olarak belirlenmiştir. Liflere dik ve paralel yönlerde WI\* değerlerinde (sırasıyla %64.15 ve %91.44), 20°'de liflere dik ve paralel yönlerde parlaklık değerlerinde, shore D sertlik değerlerinde (%15.86),  $L^*$  (%49.47),  $a^*$  (%71.49),  $b^*$  (%64.72) ve  $C^*$  (%65.87) parametrelerinde azalmalar elde edilmiştir.  $h^*$  parametresinde, 60° ve 85°'lerde liflere dik ve paralel yönlerde parlaklık değerlerinde ise artışlar belirlenmiştir. Isıl işlem ile ahşap malzemenin sahip olduğu yüzey özelliklerinin değiştiği görülmüştür.

## The Effect of Heat Treatment on Shore D Hardness, Color Parameters, Glossiness, and Whiteness Index Values of Camphor (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) Wood

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received  
27.10.2023  
Accepted  
18.12.2023  
Published  
29.12.2023

#### Keywords:

*Cinnamomum camphora*  
Whiteness Index  
Glossiness  
Color  
Heat Treatment

### ABSTRACT

The applications of heat treatment on wood material are performed using various methods today. It is known that these applications can change the surface properties of wood, such as color and glossiness. In this study, some surface properties (color parameters, glossiness values, and whiteness index (WI\*)) and shore D hardness value of wood from the camphor (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) subjected to heat treatment at 200°C for 3 h were investigated. According to the obtained results, the multivariate analysis of variance results was significant for all tests. The values for  $\Delta L^*$  were -28.69,  $\Delta C^*$  was -16.06,  $\Delta a^*$  was -6.57,  $\Delta H^*$  was 21.61,  $\Delta b^*$  was -12.44, and  $\Delta E^*$  was 31.95. In WI\* values, there were decreases in both perpendicular and parallel directions to the fibers (64.15% and 91.44% respectively), glossiness values at 20° in both perpendicular and parallel directions to the fibers, shore D hardness values (15.86%),  $L^*$  (49.47%),  $a^*$  (71.49%),  $b^*$  (64.72%), and  $C^*$  (65.87%) parameters. Increases in  $h^*$  parameter and glossiness values at 60° and 85° were observed in both perpendicular and parallel directions to the fibers. It was observed that the surface properties of the wood material changed with heat treatment.

**ORCID ID:** Hüseyin PEKER: 0000-0002-7771-6993, Ümit AYATA: 0000-0002-6787-7822, Osman ÇAMLİBEL: 0000-0002-8766-1316

\*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): Ümit AYATA, Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Peyzaj Anabilim Dalı, Bayburt, Türkiye,

Tel: + 905058556833

Fax: -

E-mail: esmeraldaesperanza33@gmail.com

#### Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article:

Ü. Ayata, H. Peker, O. Çamlıbel, "Tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) Ağacına Ait Ahşabında Shore D Sertlik, Renk Parametreleri, Parlaklık ve Beyazlık İndeksi Değerleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 2, no. 2, pp. 29-37, 2023

## 1. GİRİŞ

Ahşap modifikasyonu, ahşabın fiziksel yapısını ve kimyasal özelliklerini değiştirerek hoş olmayan özelliklerini iyileştiren bir bilim dalıdır. Bazı koruyucu malzemelerin neden olduğu çevresel kaygılar nedeniyle, ahşap modifikasyonu bugünlerde özel ilgi görmüştür. Genel olarak, ahşap modifikasyonunun amaçları nem emiliminin azaltılması, çürüme direncinin iyileştirilmesi, boyutsal kararlılığın geliştirilmesi, hava koşullarına karşı direncin artırılması vb. ahşap modifikasyon yöntemleri kimyasal, termal, enzimatik ve emprenye işlemlerini içerir. Tüm işlemlerde, hidroksil gruplarının (OH) ortadan kaldırılması veya sınırlandırılması ve hücre duvarlarının polimerlerindeki hidrofilik kısımların azaltılmasıyla su emme oranı azaltılır ve sonuç olarak ahşabın biyolojik dayanıklılığı ve boyutsal kararlılığı artar [1]. Son yıllarda kimyasal ve ısı yöntemleriyle modifiye edilen ahşabın hava koşullarına dayanıklılığı konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Kimyasal modifikasyon alanında Rowell [2], asetilasyonun ahşabın yıpranmasını %50'ye kadar azalttığını çünkü asetilasyonun ahşabı hava koşullarına karşı koruduğunu belirtmiştir [3]. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda ahşap termal modifikasyonu, ahşabın hava koşullarına karşı dayanıklılığını büyük ölçüde artırır [4,5]. Isıl işlem uygulaması ahşaba ait olan kimyasal yapısını 160-260°C'de ısıtarak değiştirmektedir. Buna ek olarak fiziksel ve mekanik özelliklerini de değiştirmektedir [6]. Genel olarak, işlem sıcaklığı ve süresi, artan işlem sıcaklığı ve süresinin bir sonucu olarak şişme ve mukavemet azaldığından, yağ ısıl işleminin etkinliğinin derecesine karar vermede en kritik unsurlardır [7]. Isıl işlem görmüş ahşap, nispeten yeni bir ahşap malzemedir ve 15 yıldan fazla bir süredir üretilmektedir [8]. Isıl işlem görmüş odun üretimi, oksidasyon veya inert atmosferde seçilen bir ısı programı aracılığıyla ahşabın ısı yüküne dayanır. Isıl işlem sırasında ahşap birkaç saat yaklaşık 150-280°C maksimum sıcaklığa ısıtılır. Ahşap ısıl işlem, biyolojik bozulmaya karşı direncini yükseltir - ahşabı tahrip eden mantarlara, küflere veya böceklerle [9-11] ve hava etkisine karşı direnç, estetik değerini, boyutsal kararlılığını iyileştirir, ısı yalıtımı ve akustik özellikleri ve aynı zamanda higroskopikliğini azaltır [10,12].

Yapı malzemelerinin bir özelliği olarak sertlik, mühendisler için büyük değer taşımakta olup, önemi nedeniyle bu özelliği ile ilgili olarak doğru ölçümlerini elde etmek için birçok girişimde bulunulmuştur [13]. "Sertlik" bazı özellikleri kapsar (girintiye karşı direnç, sarkacın sönümlenmesi, çizilme direnci ve esneklik). Girinti sertliği, genellikle kauçukların sertliğini belirtmek için kullanılır [14]. Girinti sertliği penetrasyonla ters ilişkilidir ve malzemenin elastiklik modülüne ve viskoelastik özelliklerine bağlıdır. Girintinin şekli, uygulanan kuvvet, uygulama süresi ve daha sonra tartışılacak olan diğer bazı faktörler, test boyunca elde edilen sonuçları etkiler. Bir ölçüm cihazının kalibrasyonu çok önemli bir metrolojik gerekliliktir. Kalibre edilmiş her cihaz için olası hata kaynaklarının belirlenmesi ve ardından bunların etkilerinin nasıl değerlendirileceğine karar verilmesi gerekir [15-17].

Renk varyasyonu, bir bilgisayarda verileri kaydeden bir veri rengi kolorimetresi kullanılarak elde edilen, referans olarak kullanılan bir standart ile test edilen numune arasındaki renk farkını ( $\Delta E^*$ ) belirlemek için CIELAB koordinatlarında ölçülmüştür [18]. CIELAB renk uzayı, CIE tristimulus değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalarla açıklık ( $L^*$ ), renk tonu ( $a^*$  ve  $b^*$ ), kroma ( $C^*$ ) ve renk tonu açısı ( $h$ ) olarak tanımlanır. CIELAB renk uzayında  $L^*$ , 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında bir değere sahiptir.  $a^*$  ve  $b^*$ , kromatik bir rengi belirtmek için pozitif veya negatif değerlere sahiptir: negatif  $a^*$ , pozitif  $a^*$ , pozitif  $b^*$  ve negatif  $b^*$  sırasıyla kırmızılığın, yeşilliğin, sarılığın ve maviliğin yönünü gösterir. Hem  $a^*$  hem de  $b^*$  0 olduğunda renk akromatik bir renktir [19].

Pürüzlü veya dalgalı bir yüzeye kıyasla, pürüzsüz bir yüzey daha yüksek yansıma değerleri yaratacaktır. Yüksek reflektometre değerleri bu nedenle yüksek parlaklığın göstergesidir. Pratikte, yönlendirilmiş yansımayı tekrarlanabilir bir temelde ölçmeyi ve bunu reflektometre değerlerine dönüştürmeyi mümkün kılan basit cihazlar kurulmuştur. Parlaklık ölçümü için reflektometreler kullanılmaktadır. Tanımlanmış bir ışık kaynağından birkaç santimetre karelik bir alana sahip ışığı  $\epsilon_1$  açısıyla kaplanmış nesne üzerine gönderen cihazlardır. Yansıyan ışığın yoğunluğu ( $\epsilon_1 = \epsilon_2$ ), uygun yansıma açısı olan  $\epsilon_2$ 'de ölçülür [20].

Bir beyazlık indeksi ( $W^*$ ), CIELAB renk uzayında  $L^* = 100$ ,  $a^* = 0$  ve  $b^* = 0$  olarak temsil edilen ve bir renk değerinin nominal bir beyaz noktaya olan mesafesine dayalı olarak tanımlanmıştır [21, 22]. Spektral açıdan beyaz bir malzeme, görünür dalga boyu aralığı boyunca yansıması sabit ve yüksek olan (yani %100'e yakın veya yansıtma faktörü 1 olan) bir malzemedir. Griden siyaha kadar değişen tonlar sabit bir yansımaya sahiptir ve mükemmel siyahın yansıtma oranı %0'dır [21]. Spektral açıdan beyaz malzeme, görünür dalga boyu aralığının tamamında yansıması sabit ve yüksek (%100'e yakın) olan malzemedir. CIELAB renk uzayı açısından bu tür spektral davranış, çok yüksek bir açıklığa ve çok düşük (ideal olarak sıfır) doyunluğa dönüştürülür [23].

Kâfür - tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) ağacı, Lauraceae familyasının yaprak dökmeyen ağaç türlerinden biridir ve en az 2000 yıllık yetiştirme geçmişine sahip, mükemmel yeşillendirme ağaçları, sokak ağaçları ve özel ekonomik ağaç türleri olarak güney Çin'de yaygın olarak dikilmektedir [24-26]. Kâfür ağaçları, 30-40 m yüksekliğe ve 3 m çapa kadar ulaşabilir ve genellikle deniz seviyesinden 900-2500 m yükseklikte büyür. Kabuğu sarı veya kahverengidir ve dikey olarak bölünmüştür. Yapraklar dönüşümlü olarak üç ila birkaç farklı damara ve büyük, ipeksi girintilerle çevrelenmiş güçlü uykuda tomurcuklara

sahiptir [27, 28]. Bu ağaç türü, 4.3 ila 8 aralığındaki pH'ı tolere eder [29]. Çok yavaş büyüyen bir ağaçtır [30]. Çin ve Japonya'da tıbbi bir ağaç olarak ve aynı zamanda esansiyel yağı için ticari olarak yetiştirilmektedir [29]. Odun salgın hastalıklar sırasında fumigant olarak yakılmıştır [31]. Kâfur, ağaç, ağaç dalları ve kabuğunun buharla damıtılması, saflaştırılması ve süblimleştirilmesi yoluyla elde edilir [32].

Bu çalışmada, kâfur - tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) ağacına ait ahşabında renk parametreleri, shore D sertlik, parlaklık ve beyazlık indeksi değerleri üzerine ısıtma işleminin etkisi araştırılmıştır. Böylece ısıtma işlemi sonrası meydana gelmiş olan bazı yüzey özelliklerindeki değişimlerinin hangi durumda olduğu belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ahşap Malzeme

Tarçın (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl) odunu bu çalışmada seçilmiştir. Deney örnekleri 10 x 10 x 2 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra, bu numuneler üzerinde 20±2°C ile %65 bağıl nemde olacak şekilde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır [33].

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Isıl İşlem

Ahşap malzemelere ısıtma işlemi fırınında 200°C'de 3 saat süre ile ısıtma işlemi uygulanmıştır.

#### 2.2.2. Testler

##### 2.2.2.1. Beyazlık İndeksinin (WI\*) Belirlenmesi

Isıtma işlemli ve işlemlenmemiş deney örneklerine ait olan beyazlık indeksi değerleri Whiteness Meter BDY-1 cihazının kullanılmasıyla farklı ve paralel yönlerde ölçülmüştür [34].

##### 2.2.2.2. Renk Ölçümlerinin Belirlenmesi

Renk parametreleri CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE D65 ışık kaynağı, CIE 10° standart gözlemci; aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınık aydınlatma)] cihazı kullanılarak belirlenmiştir [35]. Toplam renk farklılıkları aşağıda verilmiş formüllerle hesaplanmıştır.

$$\Delta L^* = [(L^* \text{ işlem görmüş})] - [(L^* \text{ kontrol})] \quad (1)$$

$$\Delta a^* = [(a^* \text{ işlem görmüş})] - [(a^* \text{ kontrol})] \quad (2)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (3)$$

$$\Delta b^* = [(b^* \text{ işlem görmüş})] - [(b^* \text{ kontrol})] \quad (4)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (5)$$

$$\Delta C^* = [(C^* \text{ işlem görmüş})] - [(C^* \text{ kontrol})] \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$h_o = \arctan(b^*/a^*) \quad (8)$$

Çividi ve ark., [36] tarafından Tablo 1'de gösterilen değerler ile ısıtma işlemi sonrası elde edilen  $\Delta E^*$  değerleri kıyaslanmıştır.

**Tablo 1.** Renk değiştirme kriterleri [36]

$\Delta E^*$ Değeri	→	Kriter İfadesi
$0.2 < \Delta E^*$	→	Görünmez fark
$0.2 < \Delta E^* < 2$	→	Küçük fark
$2 < \Delta E^* < 3$	→	Düşük kaliteli ekranda görünen renk farkı
$3 < \Delta E^* < 6$	→	Orta kalite ekranla görülebilen renk farkı
$6 < \Delta E^* < 12$	→	Yüksek renk farkı
$\Delta E^* > 12$	→	Farklı renk

$\Delta H^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$  ve  $\Delta b^*$  parametrelerine ait tanımlamalar [37]:

$\Delta C^*$ : Kroma kısmı veya doygunluk farkı, pozitif numune referanstan daha net, daha parlak, negatif örnek mat, referanstan daha bulanık.

$\Delta b^*$ : Pozitif numune referanstan daha sarı ve negatif numune referanstan daha mavi,

$\Delta a^*$ : Pozitif örnek referanstan daha kırmızı ve negatif örnek referanstan daha yeşil,

$\Delta H^*$ : Ton bölümü veya gölge farkı,

$\Delta L^*$ : Pozitif örnek referanstan daha açık ve negatif örnek referanstan daha koyu,

### 2.2.2.3. Parlaklık Ölçümlerinin Belirlenmesi

Parlaklık testleri üç açıda olacak şekilde (20°, 60° ve 85°) ETB-0833 model gloss meter cihazında ISO 2813, [38] standardına göre belirlenmiştir.

### 2.2.2.4. Shore D Sertlik Değerinin Belirlenmesi

Shore D sertlik değerleri 5 kg'lık yük uygulamalı olacak şekilde ASTM D 2240 [39]'a göre shore meter cihazında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Beyazlık indeksi ölçüm cihazı (A), renk ölçüm cihazı (B), parlaklık ölçüm cihazı (C) ve shore D sertlik ölçüm cihazı (D)

### 2.3. İstatistiksel Analiz

Maksimum ve minimum, homojenlik grupları, standart sapmalar, ortalamalar, çok değişkenli varyans analizleri ve % değişim oranları bir SPSS programı ile hesaplanmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çok değişkenli varyans analizi Tablo 2'de gösterilmektedir. Isıl işlem faktörü bütün testler için anlamlı olarak elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Bütün testlere ait olan çok değişkenli varyans analizi sonuçları

Test (İşlem faktörü için)	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Işıklılık ( $L^*$ ) değeri	4114.146	1	4114.146	11411.542	0.000*
Kırmızı ( $a^*$ ) renk tonu değeri	216.022	1	216.022	2150.836	0.000*
Sarı ( $b^*$ ) renk tonu değeri	773.270	1	773.270	5843.059	0.000*
Kroma ( $C^*$ ) değeri	984.205	1	984.205	5336.241	0.000*
Ton ( $h^\circ$ ) açısı değeri	98.612	1	98.612	52.297	0.000*
$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık değeri	0.128	1	0.128	52.364	0.000*
$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık değeri	0.032	1	0.032	4.571	0.046*
$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık değeri	0.365	1	0.365	10.498	0.005*
$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık değeri	0.242	1	0.242	272.250	0.000*
$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık değeri	0.084	1	0.084	7.567	0.013*
$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık değeri	139.392	1	139.392	647.331	0.000*
Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) dik ( $\perp$ )	513.085	1	513.085	1440.125	0.000*
Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) paralel ( $\parallel$ )	412.232	1	412.232	3934.346	0.000*
Shore D sertlik değeri	460.800	1	460.800	124.916	0.000*

$\alpha \leq 0.05$  değeri için \*: Anlamlı

Parlaklık değerlerine, renk parametrelerine, beyazlık indeksi değerlerine ve shore D sertlik değerleri için ölçüm sonuçları Tablo 3'de sunulmaktadır.  $L^*$  değeri için kontrol deney örneklerinde en yüksek sonuç (57.98) belirlenirken, en düşük ısıl işlem görmüş örneklerde (29.30) bulunmuştur.  $L^*$  için %49.47 oranında azalma değeri belirlenmiştir.  $a^*$  değeri için en yüksek kontrol örneklerinde (9.19) elde edilirken, en düşük ısıl işlemlenmiş örnekler üzerinde (2.62) görülmüştür.  $a^*$  için %71.49 oranında azalma değeri bulunmuştur.  $b^*$  değeri için en yüksek sonuç kontrol örneklerinde (19.22) tespit edilirken, en düşük ısıl işlem görmüş örneklerde (6.78) tespit edilmiştir.  $b^*$  için %64.72 oranında azalma elde edilmiştir.  $C^*$  değeri için kontrol deney örneklerinde en yüksek sonuç (21.30) tespit edilirken, en düşük ısıl işlemlenmiş örnekler üzerinde (7.27) belirlenmiştir.  $C^*$  için %65.87 oranında azalma görülmüştür.  $h^\circ$  değeri için en düşük kontrol örneklerinde (64.44) görülürken, en yüksek ısıl işlem görmüş örneklerde (68.88) elde edilmiştir.  $h^\circ$  için %6.89 oranında artış tespit edilmiştir (Tablo 3).

Shore D sertlik değeri için kontrol deney örneklerinde en yüksek sonuç (60.60 HD) belirlenirken, en düşük ısıl işlem görmüş örneklerde (51.00 HD) bulunmuştur (Tablo 3). Literatürde selüloz içeriği ne kadar büyük olursa, sertlik değerinin de o kadar

yüksek olduğu bildirilmiştir [40,41]. Yapılan ısıtma işlem sonrasında shore D sertlik değeri üzerinde %15.86 oranında azalma belirlenmiştir.

Isıtma işlem sonrası sertliğin azalmasında mukavemet kaybının nedeni, hemiselülozların bozunmasından kaynaklandığı şeklinde bildirilmiştir [42,43].

$WI^*$  değerlerinde liflere dik ve paralel yönlerde azalmalar (sırasıyla %64.95 ve %91.44 oranlarında) belirlenmiştir. Isıtma işlem öncesi  $WI^*$  değerleri dik ve paralel yönlerde 15.79 ve 9.93 olarak belirlenirken, ısıtma işlem sonrasında bu değerler sırasıyla 5.66 ve 0.85 olarak elde edilmiştir. Ayrıca liflere dik yöndeki  $WI^*$  değerleri, liflere paralel yönlerdeki  $WI^*$  değerlerinininkinden yüksek tespit edilmiştir.

20°'de parlaklık değerlerinde liflere dik ve paralel yönlerinde azalışlar (%53.33 ve %68.75 oranlarında) belirlenirken, 60° (⊥ : %4.57 ve || : %6.19) ve 85° (⊥ : %21.43 ve || : %347.37)'de yapılan parlaklık değerlerinde ise liflere dik ve paralel yönlerinde artışlar belirlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Yapılan testlere ait belirlenmiş olan ölçüm sonuçları

Test	İşlem	Ölçüm Sayısı	Ortalama Sonuçlar	Standart Sapma	Homojenlik Grubu	Değişim (%)	Varyasyon Katsayısı	Minimum Ölçüm	Maksimum Ölçüm
Işıklılık ( $L^*$ )	Kontrol	10	57.98	0.63	A*		1.08	56.80	58.55
	Isıtma işlemli	10	29.30	0.57	B**	↓49.47	1.96	28.68	30.42
Kırmızı ( $a^*$ )	Kontrol	10	9.19	0.33	A*		3.62	8.82	9.91
	Isıtma işlemli	10	2.62	0.30	B**	↓71.49	11.46	2.16	3.01
Sarı ( $b^*$ )	Kontrol	10	19.22	0.31	A*		1.62	18.67	19.59
	Isıtma işlemli	10	6.78	0.41	B**	↓64.72	6.03	6.23	7.19
Kroma ( $C^*$ ) Değeri	Kontrol	10	21.30	0.41	A*		1.94	20.65	21.96
	Isıtma işlemli	10	7.27	0.44	B**	↓65.87	6.11	6.61	7.79
Ton ( $h^\circ$ ) Açısı	Kontrol	10	64.44	0.52	B**		0.81	63.16	64.95
	Isıtma işlemli	10	68.88	1.87	A*	↑6.89	2.71	67.04	72.97
⊥20°'de Parlaklık	Kontrol	10	0.30	0.00	A*		0.00	0.30	0.30
	Isıtma işlemli	10	0.14	0.07	B**	↓53.33	49.94	0.10	0.30
⊥60°'de Parlaklık	Kontrol	10	1.75	0.10	B**		5.55	1.70	2.00
	Isıtma işlemli	10	1.83	0.07	A*	↑4.57	3.69	1.70	1.90
⊥85°'de Parlaklık	Kontrol	10	1.26	0.24	B**		19.15	0.90	1.50
	Isıtma işlemli	10	1.53	0.11	A*	↑21.43	6.92	1.40	1.80
20°'de Parlaklık	Kontrol	10	0.32	0.04	A*		13.18	0.30	0.40
	Isıtma işlemli	10	0.10	0.00	B**	↓68.75	0.00	0.10	0.10
60°'de Parlaklık	Kontrol	10	2.10	0.07	B**		3.17	2.00	2.20
	Isıtma işlemli	10	2.23	0.13	A*	↑6.19	6.00	2.00	2.40
85°'de Parlaklık	Kontrol	10	1.52	0.24	B**		16.06	1.20	1.90
	Isıtma işlemli	10	6.80	0.61	A*	↑347.37	8.96	5.50	7.80
Beyazlık İndeksi (⊥)	Kontrol	10	15.79	0.66	A*		4.17	14.60	16.40
	Isıtma işlemli	10	5.66	0.53	B**	↓64.15	9.32	5.00	6.40
Beyazlık İndeksi (  )	Kontrol	10	9.93	0.44	A*		4.43	9.40	11.00
	Isıtma işlemli	10	0.85	0.13	B**	↓91.44	14.93	0.70	1.00
Shore D Sertlik (HD)	Kontrol	10	60.60	2.17	A*		3.58	56.00	63.00
	Isıtma işlemli	10	51.00	1.63	B**	↓15.86	3.20	49.00	53.00

\*: En yüksek değer sonucu, \*\*: En düşük değer sonucu

Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları Tablo 4'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde,  $\Delta L^*$  için -28.69,  $\Delta C^*$  için -16.06,  $\Delta a^*$  için -6.57,  $\Delta H^*$  için 21.61,  $\Delta b^*$  için -12.44 ve  $\Delta E^*$  için 31.95 olarak buldukları görülmektedir.  $\Delta L^*$  (referanstan daha koyu),  $\Delta a^*$  (referanstan daha yeşil),  $\Delta b^*$  (referanstan daha mavi) ve  $\Delta C^*$  (referanstan daha net, daha parlak) değerleri negatif olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Buna ek olarak, renk değiştirme kriteri [36] ile bu çalışmada elde edilen  $\Delta E^*$  sonucu kıyaslandığında "Farklı renk ( $\Delta E^* > 12$ )" kriterine denk geldiği belirlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda ısıtma işlem ile ahşap malzemenin sahip olduğu renk parametrelerine, beyazlık indeksi değerlerine, parlaklık değerlerine [44-47] ve shore D sertlik değerlerine [44-50] ait özelliklerinin değiştiği rapor edilmiştir. Isıtma işlem sırasında hemiselülozların bozunması ahşaba bazı ek kromoforlar üretir ve renkte değişikliklere yol açmaktadır [51]. Isıtma işlem sırasında ahşap renginin koyulaşması hemiselülozlardan bozunma ürünlerinin oluşumu, ekstraktiflerdeki değişiklikler ve kinonlar gibi oksidasyon ürünlerinin oluşumundan kaynaklanır [52].

**Tablo 4.** Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

200°C'de 3 saat süre ile ısıtma işlemi	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	Renk değiştirme kriteri
	-28.69	-6.57	-12.44	-14.03	21.61	31.95	Farklı renk ( $\Delta E^* > 12$ )

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan ısı işlem sonrasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Çok değişkenli varyans analizi sonuçları bütün testler için anlamlı olarak elde edilmiştir.
- $\Delta C^*$  için -16.06,  $\Delta L^*$  için -28.69,  $\Delta H^*$  için 21.61,  $\Delta a^*$  için -6.57,  $\Delta b^*$  için -12.44 ve  $\Delta E^*$  için 31.95 olarak belirlenmiştir.
- Liflere dik ve paralel yönlerde  $WI^*$  değerlerinde, 20° de liflere dik ve paralel yönlerde parlaklık değerlerinde, shore D sertlik,  $a^*$ ,  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  testlerinde azalmalar elde edilmiştir.
- $h^o$  parametresinde, 60° ve 85°'lerde liflere dik ve paralel yönlerde parlaklık değerlerinde ise artışlar belirlenmiştir.
- Isıl işlem ile ahşap malzemenin sahip olduğu yüzey özellikleri değişmiştir.

Isıl işlem görmüş ve görmemiş malzemeler üzerinde doğal veya yapay yaşlandırma testlerinin yapılması önerilmektedir.

#### YAZAR KATKILARI

Bütün yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamıştır.

#### ETİK

Bu makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] X., Yan-Jun, L., Yi-Xing, and S., Yao-Xing, "Heat-treated wood and its development in Europe", Journal of Forestry Research. 13(3):224-230, 2002.
- [2] R.M., Rowell, "Chemical Modification of Wood," In: Fakirov S., Bhattacharyya D. (Eds.): Handbook of Engineering Biopolymers: Homopolymers, Blends and Composites, Hanser Gardner Publications, Cincinnati: pp. 673-691, 2007.
- [3] M., Akhtari, A.H., Hemmasi, S.A., Mirshokraie, and M., Arefkhani, "Infrared studies of weathering in acetylated beech wood," European Conference on Wood Modification. 217-220, 2007.
- [4] M., Nuopponen, H., Wikberg, T., Vuorinen, S.L., Maunu, S., Jamsa, and P., Viitaniemi, "Heat-treated softwood exposed to weathering," Journal of Applied Polymer Science, 91(4):2128-2134, 2004. DOI: 10.1002/app.13351.
- [5] N., Ayadi, F., Lejeune, F., Charrier, B., Charrier, and A., Marlin, "Color stability of heat-treated wood during artificial weathering," Holz als Roh- und Werkstoff. 61:221-226, 2003. DOI: 10.1007/s00107-003-0389-2.
- [6] H., Militz, "Thermal treatment of wood: European Processes and their Background," The International Research Group on Wood Preservation; IRG Document No. IRG/WP 02-40241, 2002.
- [7] S.H., Lee, Z., Ashaari, W.C., Lum, J.A., Halip, A.F., Ang, L.P., Tan, K.L., Chin, and P.Md., Tahir, "Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review," Construction and Building Materials. 181:408-419, 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.06.058.
- [8] J., Martinka, E., Hroncová, T., Chrebet, and K., Balog, "The influence of spruce wood heat treatment on its thermal stability and burning process," European Journal of Wood and Wood Products. 72: 477-486, 2014. DOI: 10.1007/s00107-014-0805-9.
- [9] D.P., Kamdem, A., Pizzi, and M.C., Triboulot, "Heat-treated timber: potentially toxic byproducts presence and extent of wood cell wall degradation," Holz Roh Werkst. 58:253-257, 2000.
- [10] M.J., Boonstra, and B., Tjeerdsma, "Chemical analysis of heat treated softwoods," Holz als Roh- und Werkstoff. 64: 204-211, 2006. DOI: 10.1007/s00107-005-0078-4.
- [11] J.J., Weiland, and R., Guyonnet, "Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy," Holz Roh Werkst. 61:216-220, 2003. DOI: 10.1007/s00107-003-0364-y.
- [12] L., Reinprecht, and Z., Vidholdová, "Thermowood, Ostrava: Šmíra-print," 89 p., 2011. ISBN 978-80-87427-05-7.

- [13] Greaves, R.H., (1910). The physical interpretation of hardness as measured by the shore scleroscope. In Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 181(1910): 478-489. Thomas Telford-ICE Virtual Library. DOI: 10.1680/imotp.1910.17808.
- [14] Horie, V., (2010). Materials for Conservation, Organic consolidants, adhesives and coatings, Second edition, Elsevier Ltd.
- [15] ISO 868-1985 (E), Plastics and ebonite-Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
- [16] ISO draft ISO/CD 18898, Rubber-calibration and verification of durometers, IRHD pocketmeters and IRHD testers, June 2001.
- [17] Mohamed, M.I., and Aggag, G.A., (2003). Uncertainty evaluation of shore hardness testers. Measurement, 33(3), 251-257. DOI: 10.1016/S0263-2241(02)00087-8.
- [18] Garay, R., Inostroza, M., and Ducaud, A., (2017). Color and gloss evaluation in decorative stain applied to cases of *Pinus radiata* wood treated with copper azole micronized Type C, Maderas. Ciencia y tecnología, 19(1): 21-38. DOI: 10.4067/S0718-221X2017005000003.
- [19] Jung, H., and Sato, T., (2013). Comparison between the color properties of whiteness index and yellowness index on the CIELAB. Textile Coloration and Finishing, 25(4), 241-246. DOI: 10.5764/TCF.2013.25.4.241.
- [20] Goldschmidt, A., and Streitberger, H.-J., (2007). Basics of Coating Technology, (second edition), Vincentz, Hannover.
- [21] Joiner, A., Hopkinson, I., Deng, Y., and Westland, S., (2008). A review of tooth colour and whiteness, Journal of dentistry, 36: 2-7. DOI: 10.1016/j.jdent.2008.02.001.
- [22] Gerlach, R.W., Zhou, X., and McClanahan, S.F., (2002). Comparative response of whitening strips to a low peroxide and potassium nitrate bleaching gel, American Journal of Dentistry, 15: 19A-23A.
- [23] del Mar Pérez, M., Ghinea, R., Rivas, M.J., Yebra, A., Ionescu, A. M., Paravina, R. D., & Herrera, L.J., (2016). Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. Dental Materials, 32(3), 461-467.
- [24] K.M., Babu, A., Sajina, D., Minoo, C.Z., John, P.M., Mini, K.V., Tushar, J., Rema, and P.N., Ravindran, "Micropropagation of camphor tree (*Cinnamomum camphora*)," Plant Cell. Tissue and Organ Culture. 74(2):179-183, 2003. DOI: 10.1023/A:1023988110064.
- [25] Y., Ma, B., Wang, R., Zhang, Y., Gao, X., Zhang, Y., Li, and Z., Zuo, "Initial simulated acid rain impacts reactive oxygen species metabolism and photosynthetic abilities in *Cinnamomum camphora* undergoing high temperature," Industrial Crops and Products. 135: 352-361, 2019. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.04.050.
- [26] Z., Tian, Q., Luo, and Z., Zuo, "Seasonal emission of monoterpenes from four chemotypes of *Cinnamomum camphora*," Industrial Crops and Products. 163:113327, 2021. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113327.
- [27] R.B., Malabadi, K.P., Kolkar, N.T., Meti, and R.K., Chalannavar, "Camphor tree. *Cinnamomum camphora* (L.); Ethnobotany and pharmacological updates," Biomedicine. 41: 181-184, 2021. DOI: 10.51248/v41i2.779.
- [28] S.H.. Lee, D.S., Kim, S.H., Park, and H., Park, "Phytochemistry and applications of *Cinnamomum camphora* essential oils," Molecules. 27(9):2695, 2022. DOI: 10.3390/molecules27092695.
- [29] J.C. Th., Uphof, "Dictionary of Economic Plants," Weinheim, 1959.
- [30] Grieve, "A Modern Herbal," Penguin, 1984. ISBN: 0-14-046-440-9.
- [31] R., Genders, "Scented Flora of the World," Robert Hale. London, 1994. ISBN: 0-7090-5440-8.
- [32] P., Zuccarini, "Camphor: risks and benefits of a widely used natural product," Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 13(2):69-74, 2009. DOI: 10.4314/jasem.v13i2.55317.

- [33] ISO 554, "Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization," Geneva, Switzerland, 1976.
- [34] ASTM E313-15e1, "Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured coordinates," USA: ASTM International, 2015.
- [35] ASTM D 2244-3, "Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007.
- [36] R., Cividini, L., Travan, and O., Allegretti, "White beech: A tricky problem in drying process," In International Scientific Conference on Hardwood processing, Quebec City, Canada, 2007.
- [37] D.R., Lange, "Fundamentals of Colourimetry - Application" Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA, 1999.
- [38] 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.
- [39] ASTM D 2240, "Standard test method for rubber property-durometer hardness," American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States, 2010.
- [40] M., Suzuki, "Abrasive wear of wood-based materials for interior finish in wooden house," Bull. Government Forest Exp. Station. 292:1-48, 1976.
- [41] T., Ohtani, K., Kamasaki, and C., Tanaka, "On abrasive wear property during three-body abrasion of wood," Wear. 255(1-6):60-66, 2003. DOI: 10.1016/S0043-1648(03)00219-9.
- [42] M., Türk, ve Ü., Ayata, "Türkiye’de yetişen bazı ağaç türlerine ait odunlarda shore D sertlik değerleri üzerine ısıl işlemin etkisi," Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi. 4(2):166-173, 2021b. DOI: 10.33725/mamad.1005127.
- [43] W.E., Hillis, "High temperature and chemical effects on wood stability," Wood Science and Technology, 18(4):281-293, 1984. DOI: 10.1007/BF00353364.
- [44] G., Ulay, ve Ayata, Ü., "200 derecede ısıl işlem görmüş amaouk (*Detarium macrocarpum*) odununda bazı yüzey özelliklerinin ve shore D sertlik değerlerinin incelenmesi," 3. Uluslararası Karadeniz Modern Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 23-24 Mart 2023, Samsun, 670-678.
- [45] Ü., Ayata, "Palo Santo odununda bazı yüzey özellikleri ve shore D sertlik değeri üzerine 200oC’de ısıl işlemin etkisi," Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi. 6(1):39-46, 2023. DOI: 10.33725/mamad.1280180.
- [46] Ü., Ayata, ve B.C., Bal, "200oC’de ısıl işlem görmüş kırmızı karaağaç (*Ulmus rubra*) odununda bazı yüzey özelliklerinin ve shore D sertlik değerinin araştırılması," 5. Asya Pasifik Uluslararası Modern Bilimler Kongresi, 16-18 Temmuz 2021, Sydney, Avustralya, 258-270, 2021a.
- [47] Ü., Ayata, ve B.C., Bal, "Kopie, fukadi ve porsuk ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore D sertlik üzerine ısıl işlemin etkisi," Hoca Ahmet Yesevi, 5. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 5-6 Kasım 2021, Nahçıvan Devlet Üniversitesi, Azerbaycan, 166-180, 2021b.
- [48] Ü., Ayata, "Sibirya’da iç ve dış mekânlarda kullanılan Sibirya çamı odununun yüzey pürüzlülüğü parametreleri ve shore D sertlik değeri üzerine ısıl işlemin etkisi," Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi. 4(1):1-8, 2021. DOI: 10.33725/mamad.911611.
- [49] B., Esteves, S., Şahin, Ü., Ayata, I., Domingos, J., Ferreira, and L., Gurleyen, "The effect of heat treatment on shore - D hardness of some wood species," BioResources. 16(1):1482-1495, 2021. DOI: 10.15376/biores.16.1.1482-1495.
- [50] M., Türk, ve Ü., Ayata, "200oC’de ısıl işlem görmüş mor kalp ağacı odununda shore D sertlik değerinin ve yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin incelenmesi," Eurasian Journal of Forest Science. 9(3):134-142, 2021a. DOI: 10.3195/ejejfs.974039.



[51] R., Nemeth, L., Tolvaj, M., Bak, T., Alpar, "Colour stability of oil-heat treated black locust and poplar wood during short-term UV radiation," *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 329: 287-292, 2016. DOI: 10.1016/j.jphotochem.2016.07.017.

[52] P., Bekhta, P., Niemz, "Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood," *Holzforschung*, 57(5): 539-546, 2003. DOI: 10.1515/HF.2003.080.