



## Sarıçam ve Uludağ Gökmar Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Termal Muamelelerin Etkileri

Zeynep Eda ÖZAN<sup>1\*</sup>, Saadettin Murat ONAT<sup>1</sup>, Deniz AYDEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

### Öz

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ gökmarı (*Abies bornmulleriana* Mattf.) odunlarının bazı özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi araştırılmıştır. % 65 nispi nem ve 20 °C sıcaklıkta şartlandırılan ahşap numuneler, 190 °C' de 4 saat süreyle ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası yoğunluk, su alma, boyutsal stabilite, renk değişiklikleri ve FTIR analizi tespit edilmiştir. Test sonuçlarına göre ısı işlem görmüş her iki ağaç türünde yoğunluk, su alma ve genişleme değerlerinde düşme gözlenmiştir. Genişlemenin en fazla teğet, ardından sırasıyla radyal ve boyuna kesitte olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem uygulamasıyla birlikte ağaç malzeme rengi değişimi gerçekleşmiştir. Sarıçam odununun, gökmar odununa kıyasla daha fazla renginin koyulaştığı belirlenmiştir. Isıl işlem sonrası FTIR spektroskopisinde görülen analiz sonuçlarına göre 900, 1025, 1030, 1050 1505 cm<sup>-1</sup> ve 1737 cm<sup>-1</sup> pikleri tespit edilmiştir. Pikler arasında istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sarıçam, Gökmar, Termal muamele, Mekanik karakterizasyonu, Ahşap malzeme.

## The Effects of Thermal Treatment on the Some Properties of Scots Pine and Uludağ Fir Woods

### Abstract

In this study, the effects of heat treatment on some properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Uludağ fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) woods were investigated. Wood specimens conditioned at a relative humidity of 65% and a temperature of 20°C were subjected to heat treatment at 190 for 4 h. After heat treatment, density, water absorption, dimensional stability, color changes, and FTIR analysis were determined. According to the test results, the density, water uptake and volumetric swelling values of both heat treated wood species decreased. It was determined that the volumetric swelling was maximum at tangential, followed by radial and longitudinal directions. Color change occurred in wood material together with heat treatment. It has been seen that the color of the deciduous wood is darker than that of the fir. According to the results of FTIR spectroscopy after heat treatment, 900, 1025, 1030, 1050, 1505 cm<sup>-1</sup> and 1737 cm<sup>-1</sup> peaks were determined. It is reported that there is no statistically significant difference among the samples.

**Keywords:** Scots Pine, Uludağ Fir, Thermal treatment, Mechanical characterization, Wood material.

## 1. Giriş

Doğal yapısı dolayısıyla odun hammaddesi kendine has özelliklere sahip bir malzemedir (Scoville, 2001). Yapı malzemeleri olan çelik ve demir ile karşılaştırıldığında daha hafif bir malzeme olmasına rağmen dayanıklılığının yüksek olması; düşük yoğunlukta olmasına karşın kolayca taşınabilirliği, biçilmesi ve işleme sırasında az enerji harcaması oldukça önemli avantajlarındandır. Ağaç malzemenin bu olumlu özelliklerinin yanında organik bir malzeme olması sebebiyle mantarlar tarafından kolayca çürütülebilmesi, alev alması, böcekler tarafından tahribe uğraması, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutlarında farklılıklar göstermesi ve güneş ışınlarında bulunan ultraviyole ışınlarının etkisiyle odun renginde meydana gelen renk değişiklikleri göstermesi, ağaç malzemenin istenmeyen özellikleri olarak görülmektedir (Kurtoğlu, 2000). Ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi, olumlu özelliklerinin de olduğundan daha iyiye götürülebilmesi için yapılan birçok araştırma sonucunda ortaya çıkan yöntemle genel anlamda “Odun Modifikasyon Yöntemi” denmektedir. Uygulamada kolaylık, kullanılan kimyasal malzemelerin çevreyle ilgili ölçütleri olumsuz etkilemesi ve ekonomik olması odun modifikasyonu yöntemleri için oldukça önem kazanmıştır. Bu yöntemden biri de ısı işlem yöntemidir (Yıldız, 2002a). Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal bileşiminde kalıcı değişimlerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel prensibi kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık olarak 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir (Boonstra, 2008). Piyasada daha çok “ThermoWood” adıyla bilinen ısı işlem, Avrupa'nın birçok ülkesinde farklı isim ile anılmakta ve değişik yöntemlerle uygulanmaktadır. Finlandiya'da ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Thermowood yöntemi, Hollanda'da buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransa'da inert gaz kullanılan yöntem ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (Mayes ve Oksanen, 2002). Ahşaba ısı işlem uygulanması ülkemizde yeni yeni yaygınlaşmaya başlayan bir teknolojidir. Ağaç malzemenin fiziksel özelliklerinde meydana gelen memnun edici değişimler sayesinde, özellikle yapı malzemesi olarak ve dış ortamlardaki uygulamalarda kullanılmasının uygun olacağı yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde tercih edilen yerli ve yabancı ağaç türleri ısı işlem uygulamaları sonrası endüstriyel anlamda büyük öneme sahiptir (Ayan ve Ciritcioğlu, 2012). Altınok ve ark. (2010) 185 ve 212 °C'de ısı işleme tabi tutulan karaçam ve diş budak odun örneklerinde, sıcaklıkla birlikte yoğunluğun azaldığı, hacimsel çekme, hacimsel şişme ve su geçirgenlik değerlerinde olumlu sonuçların elde edildiğini ayrıca, ısı işlemin ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyon özelliği üzerinde de olumlu etkisinin olduğunu gözlemlemiştir. Ishiguri ve ark (2005) düşük sıcaklıkta ve uzun sürelerde, duman ortamında yapılan ısı işlem uygulamalarında denge rutubet miktarının düştüğünü, yüksek sürelerde hemiselülozların degrade olmaya başladığı ve bunun sonucunda da çok az bir renk değişiminin gerçekleştiğini belirtmiştir. Edlund ve Jermer (2004) ise çalışmasında sarıçam ve ladin odunlarına 4 saat süreyle 220 °C'de ısı işlem uyguladıktan sonra, 2 yıl süreyle yapılan fiziksel incelemelerinde, örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişiminin olmadığını gözlemlemiştir. Tjeerdsma ve Militz (2005) yaptığı çalışmada kayın ve sarıçam odunlarını 145 °C sıcaklıkta 4 saat olmak üzere ısı işleme tabi tuttuktan sonra FTIR spektroskopunda analiz yapmıştır. Hemiselüloz gruplarının sıcaklığın artmasıyla birlikte parçalanmaya başladığını belirtmiştir. Yüksek sıcaklıklarda, asetik gruplarının birçoğunun odunun muamelesi boyunca çatladığı gözlemlemiş ve esterleşmenin, odununun higroskopluğunun azalmasında rol oynadığını, boyutsal kararlılık ve direnç özelliklerinde de etkili olduğunu belirlemiştir.

Bu çalışmada da ülkemizde endüstriyel olarak yaygın kullanılan sarıçam ve Uludağ göknar odunlarının 190°C'de 4 saat muamelesi sonrası bazı özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla ısı işlem sonrası örneklerin yoğunluk, 24 saat su alma ve genişleme, ahşap materyaldeki renk değişimleri ve FTIR spektroskopu ile kimyasal yapıdaki değişimler araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, endüstride çokça rastlanan ve ülkemizde doğal olarak yetişen sarıçam (*Pinus Sylvestris*Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana* Mattf.) kullanılmıştır. Bu ağaç malzemeler Bartın ilinin yerel kereste ticareti olan Kartal Ağaç San. Tic. Firmasından rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin, çürüksüz, budaksız ve düzgün lifli olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1 Termal Muamele

Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana* Mattf.) deney malzemeleri 20 ± 2 °C

sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında istifle bekletilmiştir. Ardından bu malzemeler %12 denge rutubetine gelmesi için Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında bulunan iklimlendirme cihazına konulmuştur. Örnekler Thermowood metoduna göre ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Ağaç malzemelere sırasıyla uygulanan ısıtma işlem sıcaklık ve süreleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Isıtma işlem sıcaklık ve süreleri.

Ağaç Türü	Sıcaklık °C	Süre (saat)
Sarıçam - Uludağ Göknarı	110	17
	190	4
	Oda sıc.	12

### 2.2.2. Test Metotları

Yoğunluk için her deney grubundan 5’ er olmak üzere toplam 20 adet örnek TS 2472 standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir. (TS 2472, 1976). Deney örnekleri % 65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda, boyutları ±0,01 mm duyarlılık mikrometrik dijital kumpasla ölçülerek, ağırlıkları ±0,01 gr duyarlılık analitik terazide tartıldıktan (m) sonra hacimleri (v) hesaplanmıştır.

Masif ve ısıtma işlem kontrol test örnekleri budaksız, sağlam dokulu kısımlardan alınarak, ilgili standartta (TS 2472) öngörülen boyutlarda toplam 20 adet deney örneği hazırlanmıştır. Su alma oranı (SAO) ve genişleme deneyi için örnekler 2x2x3 cm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ebatlarında boyutlandırılmıştır. Ağırlığı analitik terazide ve boyutları mikrometrik dijital kumpasla ölçülen kontrol örnekleri 103 °C’de etüv makinesinde bir gün süreyle bekletildikten sonra tekrar ölçüm yapılmıştır. Ardından 20 ± 1 °C’de su içerisine konulan örnekler üstlerine bir ağırlık konulmak suretiyle bırakılmışlardır. Bir gün sonra sudan çıkarılan deney örneklerinin genişleme ve su alma oranları kaydedilmiştir.

Isıtma işlem uygulanmış ve uygulama sonrası örneklerin renk değerleri CIEL\*a\*b\* renk ölçüm sistemine göre, D65 ışık kaynağı cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her testte her bir deney grubu tespiti için 10’ar adet örnek kullanılmıştır. 2 gruba (kontrol+ ısıtma işlem) ayrılan sarıçam ve göknar örnekleri için renk değişimi (ΔL) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\Delta L = L_f - L_i$$

$$\Delta a = a_f - a_i$$

$$\Delta b = b_f - b_i$$

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

Bu eşitlikte “f” alt indisi işlem sonrası değerleri, “i” alt indisi işlem öncesi değerleri ΔE ise renklerin L, a, b yönlerinde meydana gelen toplam renk değişikliklerini göstermektedir. ΔE’ nin düşük değerde olması renkte oldukça az miktarda değişim olduğunu ya da hiçbir değişiklik olmadığını göstermektedir. (Söğütü ve Sönmez, 2006).

FTIR analizi (4000-800 cm<sup>-1</sup>) Shimadzu IRAffinity-1 FTIR marka cihaz kullanılarak numune başına 32 tarama ve 4 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Yoğunluk

Malzemelerin, ortalama hava kurusu yoğunluk değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Sarıçam ve Uludağ göknar odun örneklerinin ortalama yoğunluk değerleri incelendiğinde termal muamele görmüş odunda sırasıyla %16 ve % 6 oranında azalma saptanmıştır. Ünsal vd. (2003) farklı sıcaklık ve sürelerde okaliptüs odununa uyguladığı ısıtma işlem sonucunda, örneklerin ısıtma işlem sıcaklığı ve sürelerinin artırılmasıyla doğru orantılı olarak yoğunluk, şişme ve sertlik değerlerinde düşme meydana geldiğini ayrıca örneklerin renklerinde koyulaşmanın olduğunu belirtmiştir.

Tablo 2. Masif ve termal muamele görmüş test örneklerinin yoğunluk değerleri.

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Kontrol	Isıl İşlemli
Sarıçam	0,50	0,42
Uludağ Göknaarı	0,33	0,31

### 3.2. Su Alma ve Genişleme Miktarları

Isıl işlem görmüş sarıçam ve göknar odun örneklerinin su alma oranları incelendiğinde sırasıyla % 6,4 ve 16,5 oranında azaldığı gözlenmiştir. Tablo 3’de görüldüğü gibi sarıçam odununun su alma kapasitesi göknar odununa göre daha azdır. Viitaniemi ve Jämsä (1996) yaptığı çalışmada yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem sonucunda ağaç malzemenin su alma niteliğinde azalmanın olduğunu ve bununla beraber malzemenin çürümelere karşı da biyolojik direnç gösterildiğini görmüştür. Ayrıca Tomak ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan çalışmada ise belirli sürelerde ve sıcaklıklarda farklı ortamlarda yapılan ısıl işlem muamelesinin, odununun yoğunluğunu, daralma ve genişleme yüzdesini ve su alma yüzdesini azalttığını belirlemiştirler.

Tablo 3. Masif ve termal muamele görmüş test örneklerinin su alma oranları.

Su Alma (%)	Kontrol	Isıl İşlemli
Sarıçam	49,0	42,6
Uludağ Göknaarı	88,5	72,0

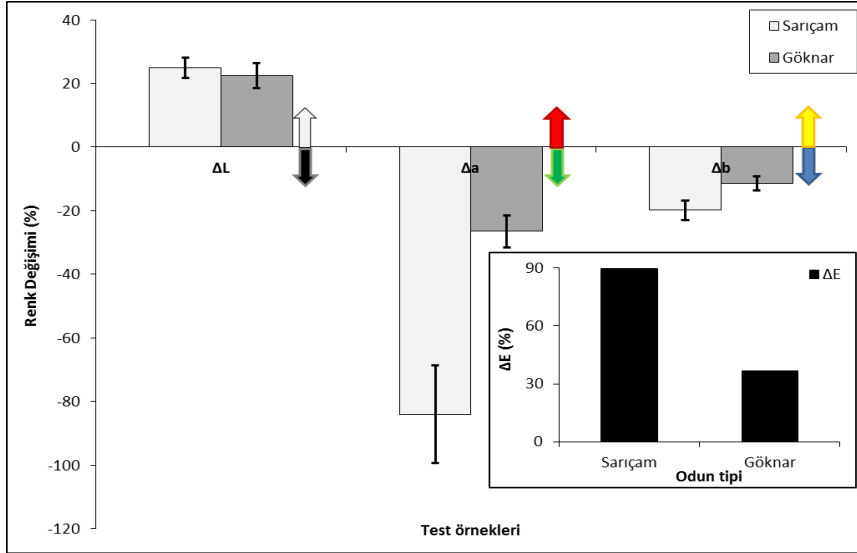
Yıldız (2002) ısıl işlem görmüş kayın odununda % 47,64; Santos (2000) ise okaliptus odununda % 24 genişlemeyi azaltıcı etki elde edildiğini aynı zamanda Viitaniemi (1997) de ladin, sahil çamı ve huş odunlarında % 30 ile % 80 arasında daralma ve genişleme azalması tespit etmiştir. Tablo 4’te genişleme miktarları incelenen deney örneklerinde (a) teğet, (b) radyal, (c) ise boyuna yönü ifade etmektedir. Genişleme miktarı en fazla teğet kesitte görülürken ardından sırasıyla radyal ve boyuna kesit takip etmektedir. Isıl işlem görmüş deney örneklerinde genişleme miktarı masife göre daha azdır. Sarıçam ile Uludağ göknar odunları kıyaslandığında teğet ve radyal yönde sarıçam odununda genişleme miktarı daha düşükken boyuna yönde daha fazla olduğu görülmüştür. Bazı vd. (2010) yaptığı çalışmada kavak odunu kontrol örneklerindeki radyal, teğet ve boyuna yönde hacimsel genişleme değerleri sırasıyla %4.39, %8.99, %12.95 iken ısıl işlemli örneklerde bu oranlar %2,99, %6,98, %9,8 olarak tespit etmiştir. Yüksek sıcaklıklarda ısıl işlem muameleli ahşap malzemenin denge rutubet miktarı düşmekte ve ahşap daha az hidrofilik (suyu çeken) olmaktadır. Odunu oluşturan bileşenlerden hidrofilik özellikte olan hemiselüloz ve selülozdaki hidroksil gruplarının azalması bu değişimin önemli sebebindendir. Ayrıca ligninin dallanması da bu değişime katkı sağlamaktadır (Korkut ve Kocaefe 2009; Esteves ve Pereira 2009).

Tablo 4. Masif ve termal muamele görmüş test örneklerinin genişleme yüzdeleri.

Genişleme (%)	Kontrol			Isıl İşlemli		
	a	b	c	a	b	c
Sarıçam	4,4	2,5	0,9	4,1	2,2	0,6
Uludağ Göknaarı	7,3	3,9	0,6	6,2	3,4	0,4

### 3.3. Renk Değişimi

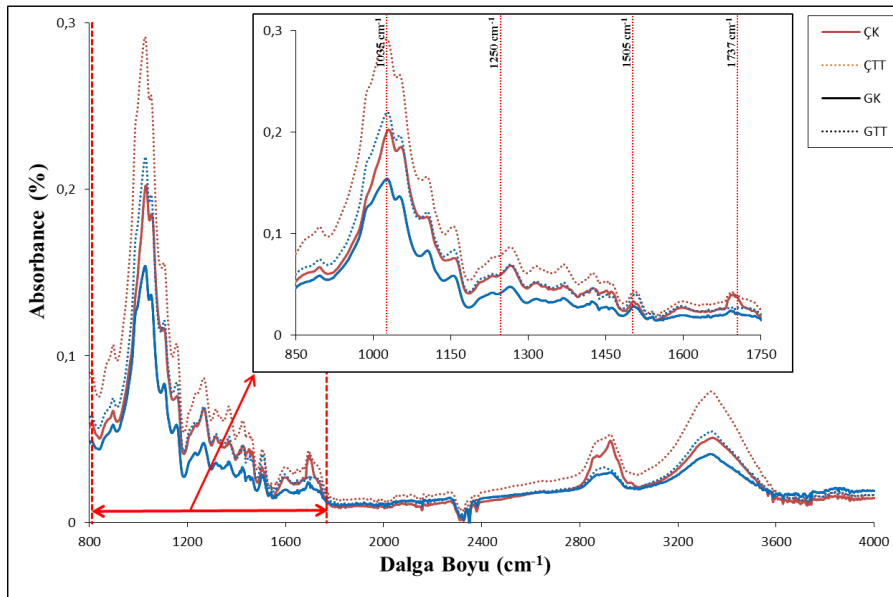
Renk değişimi, ağaç malzemenin fotokimyasal reaksiyonları başlatan elektromanyetik radyasyonun bütün dalga boylarını absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır (Hon, 1981). CIELab sistemi Şekil 1’de de görüldüğü gibi L, a, b (renklilik koordinatları) olmak üzere üç parametreden oluşmaktadır. L değeri 0 ile 100 arasında bir değer olup, 0 siyahlığı 100 ise beyazlığı temsil etmektedir. Rakam küçüldükçe parlaklığın azaldığı anlaşılmaktadır. a > 0 kırmızı, a < 0 yeşil rengini; b > 0 sarı, b < 0 mavi rengini temsil etmektedir. Şekil 1 incelendiğinde ısıl işlem sonrasında ΔL değerleri göknar örneklerinde % 22,5; sarıçam örneklerinde ise % 25 oranında artış görülmektedir. Ton beyaza yaklaşmıştır. Δa değerlerine göre göknar ve sarıçam sırasıyla %26,5 – 84; Δb değerleri de % 11,4 – 19,9 oranında azalmıştır. a renk tonu yeşilken b mavidir. Sarıçamın % 89,9 göknarın % 36,6 değer gösterdiği ΔE renk değişiminin fazlaca olduğunu göstermektedir. Sarıçam odunu göknar odununa göre daha fazla renk değişimine uğramıştır. Aydemir ve Gündüz (2009) yapmış olduğu çalışmada 150 °C ve üzerinde olan ısıl işlem uygulamalarında ağaç malzemenin renginin değiştiğini bunun yanı sıra ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyon ve biyolojik dayanıklılığının iyileştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 1. Termal muamele sonrasında ahşap materyallerdeki renk değişimleri.

### 3.4. FTIR Analizi

Şekil 2, FTIR spektroskopunda görülen analiz sonuçlarıdır. İki ağaç türü için dalga boyu 800-4000  $\text{cm}^{-1}$  pik arası gözlemlenmiştir. 850 ile 1750  $\text{cm}^{-1}$  arası pik yakınlaştırılarak daha detaylı incelenmiştir. ÇK, GK sırasıyla sarıçam ve Uludağ göknarı kontrol test örnekleri; ÇTT, GTT ise ısıl işleme tabi tutulan test örnekleri hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 2. Test numunelerine ait FTIR spektrumları.

1737  $\text{cm}^{-1}$  piki karbonil gerilim titreşimini göstermektedir. Bu pik ısıl işlem ile çok az miktarda artış göstermiştir. Isıl işlem ile odun hücre duvarlarında bulunan OH gruplarının karbonil grubuna dönüştüğü düşünülmektedir. 180  $^{\circ}\text{C}$ 'de 2, 4, 6, 8 ve 12 saat süre ile yapılan ısıl işlem sonrasında ısıl işlem sıcaklığının ve süresinin artışına bağlı olarak su adsorpsiyonu azalır ve boyutsal kararlılığın arttığı gözlenmektedir. Ayrıca; ısıl işlem sonrasında örneklerin teğet, radyal ve boyuna yönde genişleme oranlarında da yaklaşık olarak %50 oranında düşüş gözlenmektedir. Bu durumun nedeni OH gruplarının azalmasıdır (Can, 2011). 1505  $\text{cm}^{-1}$  piki ligninin karakteristik piki olarak literatürde yer almaktadır. Yani, 1506-1510  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki pikler lignin yapısındaki aromatik halkalardaki C=O ve COO-simetrik olmayan gerilim titreşimlerinden dolayı lignin bileşenleri için tipik bir piktir (Can ve Sivrikaya, 2016; Can ve Sivrikaya, 2017; Özgenç, 2014). Yapılan çalışmada 1505  $\text{cm}^{-1}$  piki ısıl işlem sonrası artış göstermiştir. Isıl işlem sonrası lignin pikindeki artış ağaç malzemeyi oluşturan diğer maddelerin azalmasından kaynaklanmaktadır. 1230-1270  $\text{cm}^{-1}$  bant aralığındaki

piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Yapılan çalışmada ısıl işlem sonrası bu pik değerlerinin artış gösterdiği gözlenmiştir. 900, 1025, 1030 ve 1050  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikler; selülozdaki C-O, O-H, C-H ve C-O-C tipi bağları göstermektedir. Yapılan çalışmada ısıl işlem sonrası bu pik değerlerinde artış olmuştur. Çam odun örneklerinde meydana gelen artış göknar odun örneklerinden fazla olmuştur.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, sarıçam ve Uludağ göknar odunlarının bazı özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi araştırılmıştır. Isıl işlem görmüş sarıçam ve Uludağ göknar odunlarının test örnekleri kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

- Isıl işlem uygulaması ile yoğunluk ve özgül ağırlıklarda düşüşlerin meydana geldiği ve Uludağ göknarının sarıçam odununa kıyasla yoğunluğunda daha fazla azalma olduğu bulunmuştur. Isıl işlem ile ağaç malzemedeki suyun dışarı atılması, ağaç malzemenin ana bileşenlerinin bozunması, bazı ekstraktif maddelerin ağaç malzemedeki uzaklaşması ve kimyasal değişimlerin oluşması kütle kayıplarının nedenleri arasında olabilmektedir (Esteves 2007; Tjeerdma ve Miltz 2005). Bununla ahşap materyalin boyutsal kararlılık (stabilizasyon) bakımından ısıl işlemle iyileşmeler olduğu saptanmıştır. Bu yüzden ısıl işlem sonrası ahşap malzemenin dekoratif uygulamalar için daha uygun olduğu söylenebilir.
- Isıl işlem sonrası odun örneklerinin su alma oranının ve teğet, radyal ve boyuna yönde genişleme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Herhangi bir kimyasal kullanımı olmaksızın genişlemenin yaklaşık olarak % 50 düşürülebilmesi ile ısıl işlem uygulanmış ağaç malzeme özellikle boyutsal kararlılığın önemli olduğu rutubetli ortamlarda kullanılma imkânını arttıracaktır. Yüzme havuzu, sauna, banyo, mutfak, gemi güverteleri ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda, lamine ağaç malzemenin çalışmasının engellenmesi bakımından önerilebilir. Ayrıca genişleme miktarlarının azalması ve buna karşın biyolojik dayanıklılığın artması ısıl işlemin ahşap malzemeye kazandırdığı önemli avantajlardır.
- Isıl işlem sonucunda, deney örneklerinin kontrol örneklerine göre daha koyu bir renk aldıkları görülmüştür.  $\Delta E$  değeri ısıl işlem sonrası, sarıçamda % 89,9 Uludağ göknarında % 36,6 artış olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda sarıçam odunun göknara kıyasla daha fazla renginin koyulaştığı tespit edilmiştir. Bu koyulaşmanın lignindeki parçalanmalardan dolayı kromoforik grupların sayısının artması sonucu olduğunu tahmin edilmektedir. Isıl işlemde odunun renginde sıcaklıkla orantılı olarak bir renk koyulaşması meydana gelirken bu koyulaşma odundaki renk farklılıklarını en aza indirmektedir ve rengi homojen bir yapı elde edilmesini sağlamaktadır (Aydemir vd. 2012; Tjeerdma ve Miltz 2005; Söğütü ve Sönmez 2006). Bu da dekorasyon işlerinde ısıl işlem görmüş malzemeyi avantajlı bir materyal haline getirmektedir.
- Isıl işlem sonrası FTIR spektroskopunda görülen analiz sonuçlarına göre 900, 1025, 1030, 1050, 1505 ve 1737  $\text{cm}^{-1}$  pikleri belirlenmiştir. Sarıçam odun örneklerinde meydana gelen artışın Uludağ göknar odun örneklerinden fazla olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, ısıl işlem uygulamasının bazı fiziksel özellikler üzerindeki etkisi ise memnun edici bulunmuştur. Isıl işlem uygulanmış ahşap malzeme; ahşap parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, iç mekân mobilyaları, müzik aletleri yapımında ve özellikle iç mekân ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilir. Isıl işlemin alternatif kimyasal yöntemlere karşı mühendislik, estetik ve sağlık kapsamında sağladığı avantaj ve dezavantajlar dikkate alınarak ileride yapılacak olan çalışmalarda bu karşılaştırmaların daha sağlıklı yapılmasını sağlayacak çalışmaların yapılması önerilebilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü'nün 2016-FEN-CY-001, 2013.1.90 ve 2013.2.103 nolu projeleri tarafından desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

1. Altınok M, Perçin O, Doruk G (2010). Isıl İşlemin (Thermo-Process) Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, D.P.Ü., Fen Bilimleri Dergisi, 23:71-84.
2. Ayan S, Ciritcioğlu HH (2012). Isıl İşlemin Ahşap Lamine Panellerin Bazı Fiziksel Özellikleri ve Vida Tutma Dayanımına Etkisinin Belirlenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 1(1): 35-46.

3. **Aydemir D, Gündüz G (2009).**Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11 (15): 71-81.
4. **Aydemir D, Gündüz G, Özden S (2012).**The influence of thermal treatment on color response of wood Materials. Color Research & Application 37(2): 148–153.
5. **Bazyar B, Parsapajouh D, Khademieslam H (2010).** An Investigation on Some Physical Properties of Oil Heat Treated Poplar Wood, Paper Prepared for the 41st Annual Meeting, Biarritz, France.
6. **Boonstra MJ (2008).** A Two-Stage Thermal Modification of Wood, Ph.D. Dissertation in Cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré - Nancy 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
7. **Can A (2011).**Endüstriyel Ölçekli Isıl İşlem ve Borlu Bileşiklerle Emprenyenin Odunun Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi, MS thesis. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
8. **Can A, Sivrikaya H (2016).** The Combined Effects of Copper and Oil Treatment on Wood Chemical Properties. International Forestry Symposium (IFS 2016), pg:741-748, 07-10 December 2016, Kastamonu/Turkey.
9. **Can A, Sivrikaya H (2017).** Combined Effects of Copper and Oil Treatment on The Properties of Scots Pine Wood, *Drewno* 2017, Vol. 60, No. 199. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.184.
10. **Edlund ML, Jermer J (2004).** Durability of Heat-Treated Wood, Final Workshop COST Action E22- Environmental Optimisation of Wood Protection, Lisboa–Portugal, 1-9.
11. **Esteves B, Domingos I, Pereira H (2007).** Improvement of Technological Quality of Eucalypt Wood by Heat Treatment in Air at 170-200°C, *Forest Product Journal* 7 (1-2): 47-52.
12. **Hon DNS (1981).** Photochemical Degradation of Lignocellulosic Material, in: *Developments in Polymer Degradations*, N. Grassie, ed. Appl. Sci. Publ., London.
13. **Ishiguri F, Masubuchi N, Yokota S, Yoshizawa N (2005).** Changes in The Physical and Chemical Properties of Six Japanese Softwoods Caused By Lengthy Smoke-Heating Treatment, *Journal of Wood Science*, 51(2): 161-166.
14. **Korkut S, Kocaefe D (2009).** Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2): 11-34.
15. **Kurtoğlu A (2000).** Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri ve Genel Bilgiler, İ.Ü., Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Böl., İstanbul, I: 31-32.
16. **Mayes D, Oksanen O (2002).** *ThermoWood Handbook*, Finnforest, Finland
17. **Özgenç Ö (2014).** Doğu Karadeniz Bölgesi Yayla Evlerinde Kullanılan Ahşap Malzemenin Dış Hava Koşullarına Karşı Dayanımının Artırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
18. **Santos JA (2000).** Mechanical Behaviour of Eucalyptus Wood Modified by Heat, *Wood Science and Technology*, 34: 39-43.
19. **Scoville CR (2001).** Characterizing the Durability of PF and pMDI Adhesive Wood Composites Through Fracture Testing. Master of Science, Virginia Polytechnic Institute and State University.
20. **Söğütü C, Sönmez A (2006).** The Effect of UV Lights on Color Changes on Some Local Wood Processed with Differential Preservatives, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Cilt 21, 1: 151-159.
21. **Tjeerdma BF, Militz H (2005).** Chemical Changes in Hydrothermal Treated Wood, FTIR Analysis of Combined Hydrothermal and Dry Heat Treated Wood, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63: 102–111.
22. **Tomak ED, Viitanen H, Yıldız UC, Hughes M (2011).** The Combined Effects of Boron and Oil Heat Treatment on The Properties of Beech and Scots Pine Wood, Part 2: Water Absorption, Compression Strength, Color Changes, and Decay Resistance, *Journal of Materials Science*, 46: 608-615.
23. **TS 2472 (1976).** Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığın Tayini, T.S.E., Ankara.
24. **Ünsal O, Korkut S, Atik A (2003).** The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour in Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Wood, *Maderas Ciencia Tecnología*, 5(2): 145–152.
25. **Viitaniemi P (1997).** ThermoWood – Modified wood for improved performance, In: *Proceedings of Wood The Ecological Material The 4th Euro-Wood Symposium*. Stockholm, Sweden. Sep 22-23 1997 Träteknikrapport. 9709084, pp 67–69.
26. **Viitaniemi P, Jämsä S (1996).** Modification of Wood by Heat Treatment, *Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT), Publications 814, Espoo*, 57.
27. **Yıldız S (2002).** Effect of Heat Treatment on Water Repellence and Anti-Swelling Efficiency of Beech, The International Research Group on Wood Preservation, Document No: IRG/WP 02-40222.
28. **Yıldız S (2002a).** Physical, Mechanical, Technological, and Chemical Properties of *Fagus Orientalis* and *Picea Orientalis* Wood Treated by Heating, Ph.D thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p 245.