

Isıl işlem uygulanmış çam odun örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası renk ve pürüzlülük değerlerinin incelenmesi

Investigation of color and roughness properties of heat-treated pine wood after accelerating weathering

Ahmet CAN¹

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Bartın

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Ahmet CAN
acan@bartin.edu.tr

Geliş tarihi (Received)

16.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted)

20.04.2022

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Samet DEMİREL
sdemirel@ktu.edu.tr

Atıf (To cite this article): Can, A. (2022). Isıl işlem uygulanmış çam odun örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası renk ve pürüzlülük değerlerinin incelenmesi . Ormanlık Araştırma Dergisi , Karok 2021 , 165-171 . DOI: 10.17568/ogmoad.1088739

Öz

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun oksijen (açık sistem) ve vakum altında (kapalı sistem) ısıl işlemi sonrası hızlandırılmış yaşlandırma testi performansı incelenmiştir. Örnekler 75 (Radyal) × 15 (Teğet) × 150 (Lifler) mm boyutlarında çam diri odun kısmından hazırlanmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası örneklerin yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümü gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre minimum renk değişimi 190 °C'de kapalı sistemde (VHT) gerçekleştirilen ısıl işlem sonrası elde edilmiştir. Kapalı sistemde ısıl işlem görmüş sarıçam örneklerinin yüzey pürüzlülük parametreleri ısıl işlem sıcaklığındaki artışla birlikte artmıştır. Kapalı sistemde gerçekleştirilen ısıl işlemde, açık sistemde (HT) gerçekleştirilen ısıl işleme kıyasla daha düşük pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışına paralel olarak toplam renk değişimi ve pürüzlülük değerleri artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, yaşlandırma, renk, pürüzlülük

Abstract

In this study, the accelerated weathering test performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood was investigated by heat treatment under oxygen (open system) and vacuum (closed system). Samples were prepared from the pine sapwood part with dimensions of 75 mm × 15 mm × 150 mm (radial x tangential x longitudinal). After the accelerated weathering test, the surface roughness and color measurements of the samples were carried out. According to the results obtained, the minimum color change was obtained after heat treatment at 190 °C in a closed system (VHT). The surface roughness parameters of pine samples that were heat-treated in the closed system increased with the increase in the heat treatment temperature. In the heat treatment performed in the closed system, lower roughness values were obtained compared to the heat treatment performed in the open system (HT). In parallel with the increase in the accelerated weathering time, the total color change and roughness values increased.

Keywords: Heat treatment, weathering, color, roughness



Creative Commons Atıf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Isıl işlem modifikasyonu; döşeme, kaplama, pencere, kapı, zemin, bahçe ürünleri ve hatta sauna veya banyo için kullanılabilecek yüksek kaliteli malzeme üretmek için iyi bir alternatif sunmaktadır (Militz ve Altgen, 2014). Son yıllarda, ThermoWood (Mayes ve Oksanen, 2002), Plato wood (Boonstra ve ark., 1998), FirmoLin (Willems, 2014), WTT (Dagbro ve ark., 2010) veya Termovuto (Allegretti ve ark. 2012) gibi işlemlerle termal modifikasyonlar ticari olarak kullanılmaktadır. Tüm bu yöntemler 150-240 °C arası sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Ayrıca oksijen varlığını sınırlandırmak için farklı gazlar (buhar, azot veya diğer elementler) kullanılmaktadır. Atmosfer basıncı altında çalışan açık sistem (open system) işlemleri ve vakum/buhar basıncı kullanan kapalı sistem (close system) işlemleri vardır (Hill, 2006; Militz ve Altgen, 2014).

Modifikasyon işlemi sırasında önemli kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. İlk olarak hemiselülozların deasetilasyon ile bozunması ve ardından salınan karboksilik asitlerin (formik ve asetik asit) neden olduğu bir depolimerizasyon ile kimyasal değişim başlamaktadır. (Boonstra ve Tjeerdsma, 2006, Sundqvist ve ark.2006). Bu nedenle odunun asetil içeriği azalmaktadır (Tjeerdsma ve ark., 1998; Tjeerdsma ve Militz 2005). Lignin polimer ağı da eter bağları parçalandıkça ve yeni serbest fenolik hidroksil grupları oluştuğu için değişmektedir (Tjeerdsma ve ark., 1998; Nuopponen ve ark., 2005; Tjeerdsma ve Militz 2005). Selüloz, muhtemel kristal yapısından dolayı ısı işleminden daha az etkilenir (Esteves ve Pereira, 2009). Bu durum selülozun polimerizasyon derecesinde (DP) değişikliklere neden olmaktadır (Sweet ve Wnandy, 1999).

Isıl işlem sonrası odun örneklerinin kütlesinde değişimler olmaktadır (Kollmann ve Schneider, 1963; Esteves ve ark., 2007). Bu durum odunun kullanımının alanlarının sınırlandırılmasına yol açabilecek yüksek kırılabilirliğe neden olmaktadır (Phuong ve ark., 2007).

Açık ve kapalı sistem modifikasyonları arasında farklılıklar vardır, çünkü yüksek basınç ve kontrollü bağıl nem altında modifikasyon, ahşabın tam kuru duruma getirildiği sıcaklıklardan daha yüksek sıcaklıklarda uygulanmaktadır (Altgen ve ark., 2016) Açık bir sistemde ise, nem içeriği ön kurutma adımında neredeyse %0'a düşer ve büzülme gerilmelerine neden olabilir. Ayrıca, kapalı sistemdeki basıncı artırarak, bozunma ürünlerinin aşırı buharlaşması önlenir. Farklı termal modifikasyonlar sırasında odunun fiziksel ve kimyasal

özellikleri farklı şekillerde etkilenir. Bu nedenle, modifiye edilmiş ahşabın kalitesini arttırmak ve son ürünlerin ve uygulamaların gereksinimlerini karşılamak için farklı termal modifikasyon işlemlerinin etkisini bilmek önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı açık ve kapalı sistemlerde ısı işlem uygulanmış sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odun örneklerinin hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemektedir. Bu amaçla hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası, odun örneklerinin yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümü deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odun örnekleri kullanılmıştır. Örnekler diri odun kısmından 75 (R)× 15 (T)× 150 (L) mm³ boyutlarında hazırlanmıştır.

Isıl işlemden önce, tüm örnekler 103 °C'de tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Açık (HT) ve kapalı sistemde (VHT) 190 °C ve 212 °C'de ısı işlem gerçekleştirilmiştir. Açık sistem ısı işlem etüvde (Memmert INB200) gerçekleştirilmiştir. Ortamda su buharı ve diğer gazlar bulunmamaktadır. Kapalı sistem (vakum-ısı işlem) ise vakumlu etüv (Jeitech OV-11) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Örnekler hedef sıcaklığa ulaştığı zaman etüv içerisine konulmuştur ve vakum işlemi (675 mmHg) başlatılmıştır. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları formül (1) yardımıyla hesaplanmıştır. Son olarak, modifiye edilmiş örnekler değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar 20 °C ve %65 bağıl nemde (RH) bekletilerek kondisyonlama işlemi gerçekleştirilmiştir (ASTM D 3924).

$$\text{Kütle kaybı} = ((m1-m2) / m1) * 100 \quad (1)$$

m1:ısı işlem öncesi tam kuru ağırlık, m2:ısı işlem sonrası ağırlık

2.1. Hızlandırılmış yaşlandırma testleri (QUV)

Yaşlandırma testleri, 8 saat süreyle UV, 15 dakika su spreyi ve 3 saat 45 dakika kondisyonlama (ASTM G154 1998) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ortalama ışınma seviyesi 340 nm'de 0.85 W/m² ve ortam sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmıştır. Her varyasyonda dört örnek olacak şekilde örnekler 300 saat ve 600 saat süre ile hızlandırılmış yaşlandırma işlemine maruz bırakılmıştır.

2.2. Renk ölçümü

Test ve kontrol örneklerine ait renk ölçümleri Konica Minolta CD-600 marka renk ölçüm cihazında yapılmıştır. CIEL* 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 bulunmaktadır (ISO 7724, 1984). Toplam renk değişimi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

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

ΔE ; Toplam renk değişimi, ΔL^* , Δa^* , Δb^* ; başlangıç ve ısıtma sonrası renk değerleri arasındaki farkı göstermektedir. Toplam renk değişiminin değerlendirme kriterleri Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Toplam renk değişimi değerlendirme kriterleri
Table 1. Evaluation criteria of overall color change ΔE

$0,2 < \Delta E^*$	Görünmez fark
$0,2 < \Delta E^* < 2$	Küçük fark
$2 < \Delta E^* < 3$	Yüksek kaliteli filtre ile görünür renk değişim
$3 < \Delta E^* < 6$	Orta kalite filtre ile görünür renk değişimi
$6 < \Delta E^* < 12$	Yüksek renk değişiklikleri
$\Delta E^* > 12$	Farklı renk

2.3. Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey kalitesi ölçümleri, bir MicroProf FRT cihazı (Fries Research & Technology GmbH, Bergisch Gladbach, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilen profilin (Ra) aritmetik ortalama sapması, Rz ve Rq gibi bir dizi pürüzlülük parametresi hesaplanmıştır. Tüm parametreler 2D profilde ölçümler yapılmıştır. Bu nedenle, sınır dalga boyu 2,5 mm, 750 $\mu\text{m}/\text{sn}$ tarama hızında, 18 mm tarama uzunluğunda ölçümler gerçekleştirilmiştir (ISO 11562, 1998).

3. Tartışma ve Sonuç

Isıtma sonrası elde edilen ağırlık kaybı %1-6 arasında değişiklik göstermektedir. Vakum altında gerçekleştirilen ısıtma sonrası örneklerin ağırlık kaybı değerleri oksijen ortamında gerçekleştirilen ısıtma işlemine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Vakum altında uygulanan ısıtma sırasında ortamda oksijen bulunmaması düşük ağırlık kayıplarının elde edilmesine neden olmuştur.

Tablo 2. Isıtma (HT) ve vakumlu ısıtma (VHT) görmüş sarıçam ve kavak ağacının ağırlık kaybı (%).
Table 2. Weight loss (%) of heat (HT) and vacuum heat-treated (VHT) Scots pine.

Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)			
HT		VHT	
190 °C	212 °C	190 °C	212 °C
2.48	6.81	1.20	2.25
(0.25)	(0.64)	(0.14)	(0.39)

Tablo 2'de kontrol ve ısıtma uygulanmış örnekler için L, a, b değerleri yer almaktadır. Renk parametrelerinden L* değerinin ısıtma sonrası azalma gösterdiği, a* ve b* parametrelerinin ise artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Isıtma sıcaklığının artışıyla paralel olarak L* değerinde azalma artış göstermiştir. 210 °C'de yapılan ısıtma işlemde 36 birim bir azalma gözlemlenmiştir. Vakum altında yapılan ısıtma işlemde ise L* değeri nispeten korunmuştur. Benzer sonuçlar yapılan literatür çalışmalarında da elde edilmiştir (Carmak ve Dejmál, 2013; Esteves vd. 2008). A* ve b* parametreleri L* kadar değişim göstermemiştir. Fakat ısıtma uygulamasıyla a* ve b* değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda b* değerinin düşük sıcaklıklarda artış gösterdiğini fakat artan sıcaklıklarda tekrar düşüşe geçtiğini bildirmektedir (Weigl vd. 2012; Carmak ve Dejmál, 2013; Barcik vd. 2015).

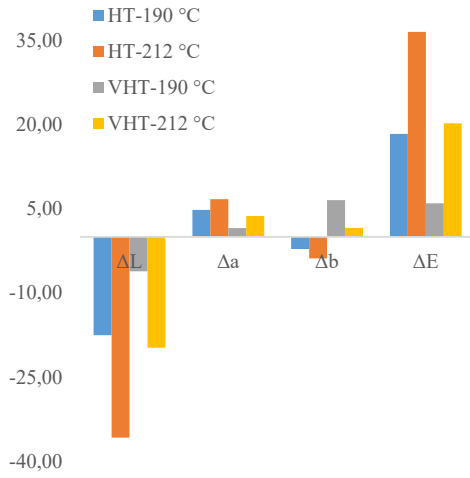
Tablo 3. Kontrol ve test örneklerine ait renk değerleri
Table 3. Color values of control and test samples

	L*	a*	b*
Kontrol	80,74 (2,5)	5,57 (1,0)	26,43 (2,5)
HT-190	65,68 (4,2)	11,16 (2,4)	28,38 (1,6)
HT-212	44,17 (2,4)	12,80 (0,5)	22,69 (1,5)
VHT-190	73,40 (2,5)	7,41 (0,9)	31,31 (2,4)
VHT-212	67,97 (3,3)	8,90 (2,1)	26,02 (0,9)

Şekil 1'de ısıtma uygulanmış örnekler için renk değişim değerleri (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) yer almaktadır.

Tablo 4'de bulunan L* (ışık kararlılığı) ve a* ve b* kromotografik koordinatlar (kırmızı için + a*, yeşil için -a*, sarı için + b* ve mavi için -b*). Ek olarak, ΔL^* , Δa^* ve Δb^* başlangıçta (i) ve farklı zaman aralıklarında (f) meydana gelen renk değişikliklerini gösterirken ΔE^* toplam renk değişimini ifade eder. Düşük bir ΔE^* değeri, çok az renk değişikliği veya renk kararlılığı olduğunu gösterir. Isıtma uygulanmış tüm varyasyonlarda negatif ΔL^* , pozitif Δa^* elde edilmiştir. Δb^* değerinde ise ısıtma ortamı sarı-mavi renk üzerinde farklı davranışlar sergilenmiştir. Açık sistemde ya-

pılan ısıtma işlemde negatif Δb^* oluşurken, kapalı sistemde yapılan ısıtma işlemde pozitif Δb^* elde edilmiştir. Isıtma işlem sonrası örnek yüzeylerinden meydana gelen renk değişimlerinin nedenleri literatür çalışmalarından belirtilmektedir (Tjeerdsm ve ark., 1998; Bekhta ve Niemz, 2003; Sivrikaya ve ark., 2019). 180-220 °C’de uygulanan ısıtma işlem sonrası selüloz, hemiselüloz ve lignin yapısında meydana gelen değişimler odun özelliklerini değiştirmektedir. Hemiselülozun parçalanması su, formik asit, asetik asit ve furfural gibi ana uçucu bileşiklerin üretimi ile sonuçlanır.



Şekil 1. Isıtma işlem sonrası örneklerde meydana gelen renk değişimi
Figure 1. Color change in samples after heat treatment

Tablo 4. Hızlandırılmış yaşlandırma uygulanan örnekler için renk değişimi
Table 4. Color change of the accelerated weathered samples

		ΔL	Δa	Δb	ΔE
300 saat	HT 190 °C	7,26 (4,14)	-0,18 (0,55)	-5,14 (2,60)	9,49 (3,12)
	HT 212 °C	18,98 (3,47)	-4,88 (0,78)	-4,58 (0,9)	20,18 (3,32)
	VHT 190 °C	-2,55 (1,96)	2,87 (0,66)	-7,91 (2,12)	9,11 (1,38)
	VHT 212 °C	-1,66 (3,49)	1,86 (1,86)	-5,01 (3,49)	7,04 (1,87)
	HT 190 °C	13,11 (4,89)	-3,45 (0,66)	-7,66 (1,43)	20,20 (2,90)
	HT 212 °C	24,46 (1,97)	-7,11 (0,47)	-10,77 (3,07)	27,82 (1,58)
600 saat	VHT 190 °C	1,50 (2,89)	1,02 (0,72)	-14,69 (2,48)	15,03 (2,55)
	VHT 212 °C	0,80 (3,32)	-1,54 (0,98)	-14,16 (1,72)	14,56 (1,86)

Test örneklerinde renk değişim değerleri CIELab

sistemine göre belirlenen L (ışık yoğunluğu), a ve b kromotografik koordinatları (+a kırmızı, -a yeşil, +b sarı ve -b mavi) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 300 saat ve 600 saat hızlandırılmış yaşlandırma uygulanan örneklerin ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası örneklerin ΔL değerleri sürenin artışına paralel olarak artış göstermiştir. Ayrıca ısıtma işlem sıcaklığının artışı ile de ΔL değerleri artış göstermektedir. Vakum altında gerçekleştirilen işlemde düşük ΔL değerleri oluşmuştur. 212 °C’de ısıtma işlem uygulanmış örneklerin 600 saat hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası HT örneklerinde 24,46, VHT örneklerinde ise 0,80 ΔL değeri elde edilmiştir. 300 saat sonra VHT örneklerinin yüzeylerinde karar olmuştur. Bu nedenle negatif ışık stabilitesi (ΔL^*) değerleri elde edilmiştir. Sürenin artışıyla da negatiflik artış göstermiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma koşullarında kullanılan UV ve su ΔL^* değeri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Diğer renk parametreleri yağmur suyundan daha az etkilenmektedir (Temiz ve ark., 2005).

Kromatik (Renk) koordinatlardan kırmızı-yeşil koordinatını simgeleyen (Δa^*) değerinde; açık ve kapalı sistemde yapılan ısıtma işlem sıcaklığının artışı ile azalma gözlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışı ile de negatif yönde artış devam etmiştir. Literatür çalışmalarında hızlandırılmış yaşlandırma testleri sonrası örneklerde pozitif Δa^* değerlerinin olduğu fakat sürenin artışıyla Δa^* değerinin düşüş gösterdiği ve negatif doğru eğilimde olduğu belirtilmiştir (Ozgenç ve ark., 2013; Temiz ve ark., 2003; Temiz ve ark., 2005). Ozgenç ve ark. (2013); hızlandırılmış yaşlandırma testine maruz bırakılan örneklerin 336 saat test sonrası 6,3 olan Δa^* değerinin 672 saat sonrasında 4,6’ya düştüğünü belirtmişlerdir.

Mavi ve sarı koordinatları simgeleyen (Δb^*) değerinde; açık ve kapalı sistemde yapılan ısıtma işlem sıcaklığının artışı ile artış gözlenmiştir. Fakat hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışı ile Δb^* değerinde düşüş gözlenmiştir. Kapalı sistemde meydana gelen düşüş değerleri açık sistemde yapılan ısıtma işleminden daha fazladır. Lim ve ark. (2015), odun örnek yüzeylerinin dış ortam testlerinin ilk sürelerinde artan b^* değeri elde edileceğini, fakat sürenin artmasıyla b^* değerinin azalma göstereceği belirtilmiştir.

Düşük bir ΔE^* değeri, çok az renk değişikliği veya renk kararlılığı olduğunu gösterir. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası toplam renk değişim değerleri artış göstermiştir. Maksimum toplam renk değişimi HT-212 °C’de gözlenirken, minimum

toplam renk değişimi VHT-212 °C varyasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 5’de test ve kontrol örneklerine ait liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerleri yer almaktadır. Isıl işlem sonrası liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinde azalma gözlenmektedir. Liflere paralel ölçümde en düşük pürüzlülük değeri HT-212 °C’de, liflere dik ölçümlerde ise HT-190 °C’de elde edilmiştir. Hem liflere paralel ölçümde hem de liflere dik yapılan pürüzlülük ölçümlerinde hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışına paralel olarak pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. Liflere paralel pürüzlülük değerlerinden Ra incelendiğinde pürüzlülük değerinin en fazla arttığı varyasyon HT-212 °C olmuştur. Liflere dik pürüzlülük değerlerinde ise en fazla artış kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Diğer pürüzlülük pa-

rametreleri Rz ve Rq’da Ra pürüzlülük parametresi ile benzer sonuçlar göstermiştir.

Bakar ve ark. (2013), ısıl işlem ile yüzey kalitesinin iyileşmesinin yüksek sıcaklıklarda hücre duvarındaki bio-kimyasal değişimlerden kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir. Literatür çalışmalarında ısıl işlem sonrası örneklerin yüzey kalitelerinin arttığı belirtilmektedir (Kasemsiri ve ark., 2012; Korkut ve ark., 2013; Aytin ve ark., 2015). Ayrıca farklı çalışmalarda ısıl işlem sıcaklığının artışıyla pürüzlülük değerlerinin azaldığı vurgulanmaktadır (Kvietkova ve ark., 2015; Aytin ve Korkut, 2016). 190 °C ve 212 °C’de yapılan ısıl işlem sonrası yüzey pürüzlülüğünün %10 ila %25 oranında azaldığı belirtilmektedir (Kasemsiri ve ark., 2012; Korkut ve ark., 2013).

Tablo 5. Test ve kontrol örneklerine ait yüzey pürüzlülük değerleri
Table 5. Surface roughness values of test and control samples

	Liflere paralel pürüzlülük								
	0 saat			300 saat			600 saat		
	Ra	Rz	Rq	Ra	Rz	Rq	Ra	Rz	Rq
Kontrol	3,99	33,58	5,05	4,19	32,22	5,26	5,28	33,17	6,47
HT-190 °C	3,09	26,15	4,03	4,35	33,87	5,50	5,72	40,05	7,39
HT-212 °C	2,72	23,99	3,50	5,01	38,21	6,48	7,07	54,20	9,83
VHT-190 °C	4,19	29,86	5,23	5,17	40,21	6,78	5,44	34,40	6,12
VHT-212 °C	2,94	26,82	3,77	3,76	27,07	4,73	5,74	40,07	7,31
	Liflere dik pürüzlülük								
	0 saat			300 saat			600 saat		
	Ra	Rz	Rq	Ra	Rz	Rq	Ra	Rz	Rq
Kontrol	5,76	50,81	7,31	11,40	65,24	13,34	20,58	86,35	22,96
HT-190 °C	3,37	33,04	4,40	10,48	74,25	12,67	19,80	92,13	22,70
HT-212 °C	4,81	46,36	6,27	9,74	65,01	11,79	17,47	158,21	22,95
VHT-190 °C	3,99	34,68	5,07	9,80	61,36	11,70	19,15	95,42	21,68
VHT-212 °C	4,18	32,97	5,25	8,93	56,89	10,67	17,06	111,77	20,60

Açık (HT) ve kapalı sistemde (VHT) ısıl işlem uygulanmış sarıçam odun örnekleri uygulanan yöneme göre farklı davranışlar sergilemiştir. VHT sistemde yapılan ısıl işlem sonrası odun örneklerinde daha düşük ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Vakum altında yapılan ısıl işlemde ortamda oksijen olmaması odun ana bileşenlerinin parçalanmasını azaltmıştır. Bu nedenle daha düşük ağırlık kayıpları elde edilmiştir (Can, 2020). Ayrıca ısıl işlem sonrası örnek renk değişimi HT sistemde yapılan işleme göre daha azdır. Isıl işlemin HT veya VHT sistemde yapılması örneklerin hızlandırılmış yaşlandırma testine karşı koymuş olduğu direnci etkilememektedir. 600 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası örnekler benzer toplam renk değişimi ve benzer pürüzlülük değerleri göstermiştir.

Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi’nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi’nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

Kaynaklar

Allegretti, O., Brunetti, M., Cuccui, I., Ferrari, S., Nocetti, M. Terziev, N. 2012. Thermo-vacuum modification of spruce (*Picea abies* Karst.) and fir (*Abies alba* mill.) wood. *BioResources*, 7(3), 3656–3669.

Altgen, M., Willems, W. Militz, H. 2016. Wood degradation affected by process conditions during thermal modification of European beech in a high-pressure reactor system. *European Journal of Wood and Wood Products*,

74(5), 653–662. doi: 10.1007/s00107-016-1045-y

ASTM D 3924, 1991. Standard Specification for Standard Environment for Conditioning and Testing Point Varnish, Lacquer and Related Materials. ASTM Standards, USA.

Aytin, A., Korkut, S., 2016. Effect of thermal treatment on the swelling and surface roughness of common alder and wych elm wood. *Journal of Forestry Research*, 27(1): 225-229. DOI: 10.1007/s11676-015-0136-7.

Aytin, A., Korkut, S., Çakicier, N., 2015. Effect of heat treatment with thermowood method on some surface characteristic of wild cherry wood. *Journal of Selcuk-Technic*, 14(2): 539-554.

Bakar, B.F.A., Hiziroğlu, S., Tahir, P.M., 2013. Properties of some thermally modified wood species. *Materials & Design*, 43:348–355

Barčík, Š., Gašparík, M., & Razumov, E. Y., 2015. Effect of temperature on the color changes of wood during thermal modification. *Cellulose chemistry and technology*, 49(9-10), 789-798.

Bekhta, P. Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforchung* 57:539–546, <https://doi.org/10.1515/HF.2003.080>.

Bhuiyan, M. T. R., Hirai, N. Sobue, N. 2000. Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions. *Journal of Wood Science*, 46(6): 431–436. doi: 10.1007/BF00765800

Boonstra, M. J. Tjeerdsma, B. 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 64(3): 204–211. doi: 10.1007/s00107-005-0078-4

Boonstra, M. J., Tjeerdsma, B. Groeneveld, H. A. C. 1998. Thermal modification of non-durable wood species. Part 1. The Plato technology: thermal modification of wood. In The International Research Group on Wood Protection, Doc IRG/WP 98-40123, 14–19 June 1998, Maastricht, The Netherlands.

Can, A., 2020. Effects of heat treatment systems on the physical properties of coated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Poplar (*Populus euramericana*). *BioResources*, 15(2), 2708-2720.

Čermák, P., Dejmál, A., 2013. The effect of heat and ammonia treatment on colour response of oak wood (*Quercus robur*) and comparison of some physical and mechanical properties. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 15(3), 375-389.

Dagbro, O., Torniaainen, P., Karlsson, O. Morén, T., 2010. Colour responses from wood, thermally modified in superheated steam and pressurized steam atmospheres. *Wood Material Science and Engineering*, 5(3–4): 211–219. doi: 10.1080/17480272.2010.520739

Esteves, B., Pereira, H. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1), 370-404.

Esteves, B., Domingos, I. Pereira, H., 2007. Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170–200 degrees °C. *Forest Products Journal*, 57(1–2): 47–52.

Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., Pereira, H., 2008. Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood Science and Technology*, 42(5), 369-384.

Hill, C., 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes* (West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd). K. Mitsui, H. Takada, M. Sugiyama, R. Hasegawa, Changes in the properties of lightirradiated wood with heat treatment: Part 1 Effect of treatment conditions on the change in colour, *Holzforchung* 55:601–605.

ISO 7724-2. 1984. Paints and varnishes. Colorimetry. Part 2: colour measurement. International Organization for Standardization, Geneva, p 6

ISO 11562. 1998. Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: profile method. Metrological characteristics of phase correct filters. International Organization for Standardization.

Kasemsiri, P., Hiziroğlu, S., Rimduist, S., 2012. Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.). *Journal of Materials Processing Technology*, 212(6): 1324-1330.

Kollmann, F. Schneider, A., 1963. Über das Sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer (English: On the sorption behavior of heat treated wood). *Holz als Roh-und Werkstoff*, 21(3): 77–85. doi: 10.1007/BF02609705

Korkut, D.S., Hiziroglu, S., Aytin, A., 2013. Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2): 1582-1590.

Kvietkova, M., Gaff, M., Gašparík, M., Kaplan, L., Barčík, Š., 2015. Surface quality of milled birch wood after thermal treatment at various temperatures. *BioResources*, 10(4): 6512-6521. DOI: 10.15376/biores.10.4.6512-6521

Lim, J.A., Oh, J.K., Hong, J.P. Lee, J.J., 2015. Investigation of color difference in acq and cbhdo treated wood during two-year outdoor exposure 1. *Wood engineering*. 43(2): 265-273.

Mayes, D., Oksanen, O., 2002. *ThermoWood handbook*, Finnforest, Finland, 5-15.

Militz, H. Altgen, M., 2014. Processes and properties of thermallymodified wood manufactured in Europe. In T. P. Schultz, B. Goodelland D. D. Nicholas (eds.) *Deterioration and Protection of SustainableBiomaterials*. American Chemical Society(Washington, DC: ACSSymposium Series 1158: pp. 269–285.

Nuopponen, M., Vuorinen, T., Jämsä, S. Viitaniemi, P., 2005. Thermal modifications in softwood studied by FT-IR and UV resonance Raman spectroscopies. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 24(1): 13–26. doi: 10.1081/WCT-120035941

-
- Ozgenç, O., Okan, O.T., Yildiz, U.C., Deniz, I., 2013. Wood surface protection against artificial weathering with vegetable seed oils. *BioResources*, 8(4): 6242-6262.
- Phuong, L. X., Shida, S., Saito, Y., 2007. Effects of heat treatment on brittleness of *Styrax tonkinensis* wood. *Journal of Wood Science*, 53(3): 181–186. doi: 10.1007/s10086-006-0841-0
- Sivrikaya, H., Tesarova, D., Rejabkova, E., Can, A., 2019. Color change and emission of volatile organic compounds from Scots pine exposed to heat and vacuum-heat treatment. *Journal of Building Engineering* 26: 100918.
- Sundqvist, B., Karlsson, O., Westermark, U., 2006. 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 and Technology*, 40(7): 549–561. doi: 10.1007/s00226-006-0071-z
- Sweet, M.S., Winandy, J.E., 1999. Influence of degree of polymerization of cellulose and hemicellulose on strength loss in fire-retardant-treated southern pine. *Holz-forschung*, 53(3): 311–317.
- Temiz, A., Eikenes, M., Yildiz, U.C., Evans, F.G., Jacobsen, B., 2003. Accelerated weathering test for the evaluation of Wood preservative efficacy. The International Research Group on Wood Preservation, 34th annual meeting, IRG/WP 03-20262, Brisbane, Australia.
- Temiz, A., Yildiz, U.C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., Çolakoglu, G., 2005. Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test. *Applied Surface Science*, 250(1): 35-42.
- Tjeerdsmas, B. F., 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(2): 102–111. doi: 10.1007/s00107-004-0532-8
- Tjeerdsmas, B. F., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H., 1998. Characterisation of thermally modified wood: Molecular reasons for wood performance improvement. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 56(3): 149–153. doi: 10.1007/s001070050287
- Weigl, M., Müller, U., Wimmer, R., Hansmann, C., 2012. Ammonia vs. thermally modified timber-Comparison of physical and mechanical properties. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(1), 233-239.
- Willems, W., 2014. Experiences with an industrial system for controlled thermal wood modification in pressurized unsaturated steam. In The International Research Group on Wood Protection, Doc. IRG/WP 14-40678, 11–15 May 2014, St. George, UT, USA. a