

Hızlandırılmış yaşlandırmanın ısı işlem uygulanmış Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odunun bazı yüzey özelliklerine etkisi

Hikmet Yazıcı^{a,*}, İsmail Özlüsoylu^b

Özet: Bu çalışmada hızlandırılmış yaşlandırma işleminin, ısı işlem görmüş Akdeniz defnesi odununda bazı yüzey özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Odun örnekleri, 160 °C, 180 °C, 200 °C ve 210 °C sıcaklıkta, 2 saat ısı işlemine tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrasında örneklerin ağırlık kayıpları, renk, parlaklık ve yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma 8 saat UV, 15 dakika su spreyi ve 3 saat 45 dakika kondisyonlama olacak şekilde uygulanmıştır. Yaşlandırma öncesi (0 saat) ve yaşlandırma sonrası (100, 250 ve 500 saat) alınan ölçümlerle yüzey özelliklerinde meydana gelen değişim belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ısı işlem sıcaklığının 210 °C'ye çıkması ile ağırlık kaybında ciddi artışlar olduğunu göstermiştir. Isıl işlem etkisi ile parlaklık ve pürüzlülük değerlerinde azalma görülmüş, artan ısı işlem sıcaklığı ile toplam renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğü artış göstermiştir. Yaşlandırma süresinin artması ile yüzeylerdeki grileşme artmış, ayrıca 60°'de parlaklık değerinde %25 oranında artış görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Akdeniz defnesi, Isıl işlem, Hızlandırılmış yaşlandırma, Renk, Parlaklık, Pürüzlülük

The effect of accelerated weathering on some surface properties of heat-treated sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.)

Abstract: In this study, the effect of the accelerated weathering process on some surface properties of heat-treated sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.) was investigated. Wood samples were heat-treated at 160 °C, 180 °C, 200 °C and 210 °C for 2 hours. After heat treatment, weight loss, color, glossiness, and surface roughness values of the samples were determined. Accelerated weathering was applied for 8 hours UV, 15 minutes water spray and 3 hours and 45 minutes conditioning. The changes in surface properties were determined by measurements taken before weathering (0 hours) and after weathering (100, 250 and 500 hours). The results obtained showed that there was a significant increase in weight loss by increasing the heat treatment temperature to 210 °C. With the effect of heat treatment, there was a decrease in the glossiness and roughness values, and the total color change and surface roughness increased with the increased heat treatment temperature. As the weathering time increased, the graying on the surfaces increased, and a 25% increase was observed in the 60° glossiness value.

Keywords: Sweet bay wood, Heat treatment, Accelerated weathering, Color, Glossiness, Roughness

1. Giriş

Ağaç malzeme geçmişten günümüze sahip olduğu bazı avantajlardan dolayı farklı kullanım yerlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte rutubet etkisi ile boyutsal değişim göstermesi, mantar ve böcekler tarafından biyolojik saldırılara karşı açık olması gibi kullanım alanını sınırlayan bazı dezavantajlara da sahiptir (Aydemir ve Gündüz, 2009; Doruk vd., 2010; İstek vd., 2017). Bu dezavantajlara karşı önlem olarak farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında emprenye işlemi, yoğunlaştırma ile reçine muamelesi, hücre çeperi bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve ısı işlem gelmektedir (Korkut ve Kocaefe, 2009). Son yıllarda insan ve çevre sağlığına verilen önemin artması ile emprenye işlemlerinde kullanılan bazı kimyasal maddeler yasaklanmıştır. Bu durum çevreci koruma yöntemlerine olan ilgiyi arttırmış, biyolojik bozunma ve boyutsal değişime

karşı çevreyle dost koruma yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır (Aydemir ve Gündüz, 2009).

Isıl işlem, ağacın kimyasal bileşenleri üzerinde kalıcı değişiklikler meydana getiren bir uygulamadır. Bu uygulamanın temelinde kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesi gelmektedir. (Cooper ve Wang, 2005; Boonstra, 2008). Isıl işlem uygulaması ile mantar ve böcek tahribatına karşı biyolojik dayanım, denge rutubetinin düşmesi, odunun çalışmasındaki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, termal izolasyonun artması, boya adezyonu, dış ortam koşullarına karşı dayanıklılıkta artış, dekoratif renk çeşitliliği ve hizmet süresinin uzaması gibi olumlu özellikler kazandırılması amaçlanmaktadır (Yıldız, 2002; Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit ve Sönmez, 2015). Isıl işlemin ahşap malzemenin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri konusunda birçok çalışma yapılmıştır (Chotikhun ve Hızıroğlu 2016; Kesik vd., 2014; Kaygın vd., 2009a; 2009b; Esteves ve Pereira

✉ ^a Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Meslek Yüksek Okulu, Tasarım Bölümü, Zonguldak

^b Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): h_yazici@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 12.10.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.12.2020



Citation (Atıf): Yazıcı, H., Özlüsoylu, İ., 2020. Hızlandırılmış yaşlandırmanın ısı işlem uygulanmış Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odunun bazı yüzey özelliklerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 468-474. DOI: [10.18182/tjf.809139](https://doi.org/10.18182/tjf.809139)

2009). Korkut vd. (2009) ısıtma işleminin farklı kullanım amaçları için önem arz ettiğini ve planyalama işleminde kayıpları azaltarak yüksek kaliteli yüzeyler sağladığını belirtmiştir. Aytin vd. (2015) ısıtma işlemi sonrası yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununda rengin koyulaştığını, parlaklığın azaldığını ve yüzey kalitesinin iyileştiğini vurgulamıştır. Farklı çalışmalarda da odunun ısı ile muamelesinin pürüzlülük miktarını azaltarak yüzey kalitesinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Ayrılmış ve Winandy, 2009).

Güneş ışığı, sıcak/soğuk, nem, kimyasallar, rüzgar, aşınma ve biyolojik faktörlerin kombinasyonu, literatürde yaşlanma (weathering) olarak bilinmektedir. Bu etkiler sonucunda ağaç malzemenin renginde, kimyasal ve fiziksel yapısında bazı değişimler meydana gelmektedir (Williams, 2005; Feist, 1989; Türkoğlu vd., 2019; Arpacı ve Dizman Tomak, 2020). Weathering etkisinin ağaç malzemenin özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimleri belirlemek için yaşlandırma işlemi doğal ve yapay (hızlandırılmış) olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir. Baysal vd. (2014) ısıtma işlemi görmüş sarıçam odununun hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonrasında bazı üst yüzey özelliklerini incelemiş, ısıtma işlemi görmüş örneklerin, ısıtma işlemi görmeyenlere göre daha iyi yüzey özellikleri gösterdiğini belirtmiştir. Fidan vd. (2018) hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine maruz bırakılan kayın ve ladin odunlarının yüzey pürüzlülüğünün arttığını, ağaç türüne göre anatomik özelliklerin de renk ve pürüzlülük üzerinde etkili olabileceğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada ısıtma işlemi görmüş odunun hızlı yaşlandırma sonrası renginin işlem görmemiş odundan daha stabil olduğu belirtilmiştir (Şahin Kol vd., 2017). Huang vd. (2012) yapay yaşlandırmanın erken dönemlerinde renk stabilitesinin daha iyi olduğunu, süre ilerledikçe ısıtma işlemi görmüş ve işlem görmemiş örneklerin renk değişimleri arasındaki farkın azaldığını belirtmiştir. Diğer bir çalışmada ise ısıtma işlemi uygulamasının renk stabilitesi sağladığı, örneklerin kısa süreli dış ortam koşullarına karşı direnç gösterdiği ve sert ağaç türlerinin yumuşak ağaç türlerine göre daha iyi performans sağladığı vurgulanmıştır (Yıldız vd., 2013).

Odun dışı orman ürünü olarak özellikle yaprağından fayda sağlanan Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.), yurdumuzda Ege, Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinin sahil kesimlerinde doğal olarak yetişir (Anonim, 2004; Şafak ve Okan, 2004). Genellikle ağaççık, bazen de 10 m'ye kadar boylanabilen yuvarlak tepeli, sık dallı bir ağaçtır. Defne odunu ise; yakacak odun olarak, ayrıca çeşitli tarım ve inşaat aletlerinde saplık yapımında kullanılmaktadır (Cengiz, 1979). Ayrıca yapılan bir çalışmada yaprağı alınmış atık defne odunlarından elde edilen yonga levhaların genel amaçlı yonga levha üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Yazıcı, 2020).

Bu çalışmada, değişik sıcaklıklarda ısıtma işlemi görmüş Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odununda yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık gibi özellikler üzerine farklı sürelerle uygulanan yapay yaşlandırma işleminin etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Yapılan çalışmada Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odun örnekleri kullanılmıştır. Örneklerin ortalama yıllık halka genişlikleri 0,2 cm olup Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmişlerdir. Örnekler yaşlandırma test boyutu olan 150 (Lif)x75 (Teğet)x15 (Radyal) mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Örneklerin budaksız, düzgün lifli olmasına ve küf mantarı tahribatına maruz kalmaması için dikkat edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Isıtma işlemi

Isıtma işleminden önce, tüm örnekler 103 °C'de %0 nem içeriğinde fırında kurutulmuştur (m_1). Hedef sıcaklığa ulaşıldığında numuneler fırına yerleştirilmiştir. Örnekler, 160 °C, 180 °C, 200 °C ve 210 °C'lerde 2 saat ısıtma işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Isıtma işlemi sonrasında örneklerin ağırlıkları tartılarak m_2 olarak kaydedilmiştir. Isıtma işlemi sonrası örneklerde oluşan kütle kaybı formül 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Isıtma işlemi sonrası tüm örnekler test öncesi 20 °C'de ve %65 bağıl nemde (RH) iki hafta süreyle kondisyonlanmıştır.

$$\text{Kütle kaybı} = ((m_1 - m_2) / m_1) * 100 \quad (1)$$

2.2.2. Hızlandırılmış yaşlandırma testi (QUV)

Yaşlandırma testi, Amerika menşeli Q-LAB LU-0819 – QUV cihazı ile, 8 saat UV, 15 dakika su spreyi ve 3 saat 45 dakika kondisyonlama olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (ASTM G154, 1998). Ortalama ışınma seviyesi 340 nm'de 0.85 W/m² ve ortam sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmıştır. Her varyasyonda dört örnek olacak şekilde örnekler 100, 250 ve 500 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır.

2.2.3. Renk ölçümü

Deney örneklerine ait renk ölçümleri, Konica Minolta CD-600 marka renk ölçüm cihazında ASTM D 2244-3 (2007) standardına göre yapılmıştır. CIEL*a*b* renk sisteminde, renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^* , a^* ve 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. Aşağıda verilen formüller yardımıyla gerek ısıtma işleminden dolayı meydana gelen renk farklılıkları, gerekse yaşlandırmadan dolayı meydana gelen renk farklılıkları hesaplanmıştır (2, 3, 4 ve 5 no'lu formüller).

$$\Delta L^* = L^*_{\text{işlemli}} - L^*_{\text{işlemsiz}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{işlemli}} - b^*_{\text{işlemsiz}} \quad (3)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{işlemli}} - a^*_{\text{işlemsiz}} \quad (4)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

2.2.4. Parlaklık ölçümü

Isıl işlem öncesi ve sonrası örneklerle, yaşlandırma öncesi ve sonrası örneklerin parlaklık ölçümleri 20°, 60° ve 80°'de liflere paralel parlaklık olacak şekilde Konica Minolta cihazında ISO 2813 (1994) standardına göre yapılmıştır.

2.2.5. Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Mitutoyo SurfTest SJ-310 cihazı (Fries Research & Technology GmbH, Bergisch Gladbach, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilen profilin (R_a) aritmetik ortalama sapması, R_z ve R_q pürüzlülük parametreleri hesaplanmıştır. Tüm parametreler için 2D profilde ölçümler yapılmıştır. Bu nedenle örnekleme uzunluğu 2,5 mm, ölçüm çözünürlüğü 5 µm ve tarama hızı 750 µm/s olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, testlerden elde edilen veriler kullanılarak SPSS 16 programında ortalama sonuçlar belirlenmiştir. Sonuçlar çizelgeler ve şekiller halinde verilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Ağırlık kaybı (%)

Isıl işlem uygulanmış defne odununa ait ağırlık kaybı değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Grafikte yer alan veri etiketleri standart sapma değerlerini göstermektedir. Isıl işlem sonrası ağırlık kaybı değerleri %4,97-17,02 arasında değişiklik göstermektedir. 160 °C, 180 °C ve 200 °C'de benzer ağırlık kaybı değerleri elde edilirken, 210 °C'de ağırlık kaybı artarak %17,02 olarak gerçekleşmiştir. Ağırlık kaybı, ısıl işlem sırasında değişen en önemli özelliklerden biridir. Isıl işlem sonrası oluşan ağırlık kayıpları odun türü, ısıl işlem ortamına, sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Can, 2011; Sivrikaya vd., 2015; Can ve Sivrikaya, 2017; Can, 2020). MacLean (1951) su, buhar ve hava ortamlarında ısıl işlemde sonra yapraklı ağaç odunlarındaki ağırlık kaybının iğne yapraklı ağaçlara göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ancak yapraklı ağaç odunlarının kuru ortamda ısıl işleme daha dayanıksız olduğu ortaya çıkmıştır.

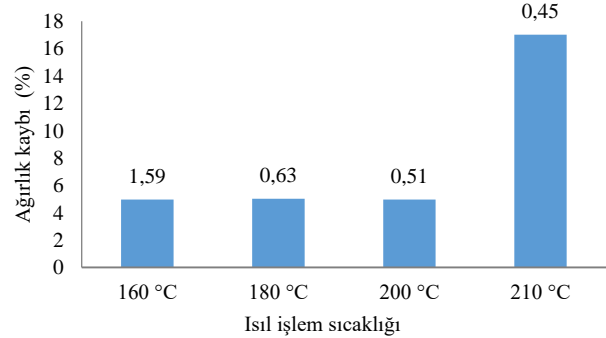
3.2. Renk değişimi

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. Isıl işlem uygulanmış tüm varyasyonlarda negatif ΔL^* , pozitif Δa^* elde edilmiştir. Δb^* değerinde ise ısıl işlem sıcaklığı ile farklı davranışlar sergilenmiştir (Çizelge 1). Literatürde, ısıl

işlem uygulaması ile ahşap malzemelere ait rengin değiştiği rapor edilmiştir (Esteves vd., 2019; Gürleyen vd., 2017a; 2017b; Gurleyen vd., 2018; Şahin ve Ayata, 2018; Ayata ve Çavuş, 2018, Çavuş vd., 2018a; 2018b, Ayata vd., 2018).

Isıl işlem sonrası örnek yüzeylerinden meydana gelen renk değişimlerinin nedenleri yapılan literatür çalışmalarında belirtilmektedir (Can ve Sivrikaya, 2016; Sivrikaya vd., 2017; Tjeerdsm vd. 1998; Mitsui vd. 2001; Bekhta ve Niemz, 2003; Ahajji vd., 2009; Gunduz vd., 2010; Kamperidou vd., 2013; Sivrikaya vd., 2019).

Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası kontrol örneklerine ait L^* değerleri düşüş gösterirken, artan yaşlandırma süresine paralel olarak L^* değerleri artış göstermiştir. Bu durum yaşlandırma süresine paralel olarak örnek yüzeylerinde grileşme olduğunu göstermektedir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde ise yaşlandırma işlemi ile L^* değerleri artış göstermiştir. Isıl işlem sonrası koyu renk oluşan yüzeylerde (Çizelge 1) yaşlandırma ile renk açılmalarının olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar literatür çalışmalarında desteklenmektedir (Can ve Sivrikaya, 2019; Can, 2020). Kırmızı- yeşil kromotografik koordinatları ifade eden a^* ve sarı-mavi kromotografik koordinatları ifade eden b^* değerleri kontrol ve 160 °C ısıl işlem uygulanan defne odununda yaşlandırma işleminin ilk aşamalarında artış göstermiştir. Yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak tüm varyasyonlarda a^* ve b^* değeri azalma göstermiştir. Maksimum a^* ve b^* değerleri 100 saat yaşlandırma işlemi uygulanmış kontrol ($a^*=12,48$ ve $b^*=27,65$) örneklerinde elde edilmiştir. Şekil 2'de farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem öncesi ve sonrasında örneklerde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir.



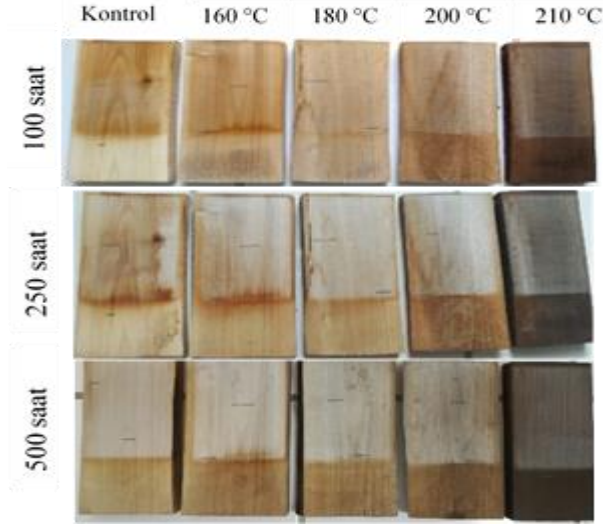
Şekil 1. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana gelen ağırlık kaybı (%) değerleri

Çizelge 1. Isıl işlem sonlarında deney örneklerinde meydana toplam renk farkı değerlerine ait sonuçlar

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
160	-7,78	1,17	2,29	8,65
180	-21,67	1,94	-1,37	21,81
200	-17,37	5,08	1,91	34,37
210	-44,71	2,50	-7,81	45,49

Çizelge 2. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri

Isıl işlem	Yaşlandırma süreleri											
	0 saat			100 saat			250 saat			500 saat		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Kontrol	75,74	5,00	18,78	59,00	12,48	27,65	64,97	8,04	18,29	67,63	7,04	16,90
160 °C	67,82	5,63	20,07	62,17	9,18	22,87	69,71	4,88	12,10	71,75	4,18	10,85
180 °C	57,14	6,90	18,47	60,43	6,09	17,96	66,70	3,68	10,20	68,12	3,30	10,01
200 °C	41,67	9,14	17,59	52,82	5,92	15,61	61,89	3,09	8,73	64,11	2,76	8,75
210 °C	31,39	6,01	9,44	39,04	4,94	8,89	45,72	3,44	6,55	48,09	3,19	6,43



Şekil 2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem öncesi ve sonrasında örnekler üzerinde meydana gelen renk değişimleri

3.3. Parlaklık değişimi

Isıl işlem uygulanmış defne odunu örneklerine ait (%) değişim parlaklık değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'e göre sıcaklığın artması ile yüzde değişim parlaklık değerlerinin arttığı görülmektedir.

Isıl işlem uygulamasıyla defne odun örneklerinin parlaklık değerlerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 3). Ayrıca ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak parlaklık değerleri azalma göstermiştir. Elde edilen sonuçlar farklı literatür çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir (Korkut vd., 2013; Krystofiak vd., 2014; Ayata vd., 2017; Can, 2020).

Şekil 3'te hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi (0 saat) ve sonrası (100, 250 ve 500 saat) örneklerin 20°, 60°, 85° parlaklık değerleri görülmektedir. Uygulanan yaşlandırma işlemi ile kontrol örneklerin parlaklık değerlerinde hafif azalmalar gözlenmiştir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde ise yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak parlaklık değerleri artış göstermiştir. Test örneklerinde maksimum parlaklık değerleri 500 saat yaşlandırma testi uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Kontrol örneklerinde 500 saat hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası 60° parlaklık değeri %25 oranında artış göstermiştir. Yapılan çalışmalarda; odun örneklerinin su ve UV ışınlarına maruz kalması sonucu ilk zaman dilimlerinde parlaklık değerlerinin düştüğü, sürenin ilerlemesiyle parlaklık değerlerinin artış gösterdiği bildirilmiştir. Bu durum fotodegradasyon sürecinin ilk safhalarında ligninin parçalanmasıyla oluşan koyu yüzeylerin parlaklık değerlerini düşürdüğü, sürenin ilerlemesiyle parçalanmış

lignin bileşenlerinin suyun etkisiyle odundan uzaklaşması olarak açıklanmıştır. Odun yüzeyinde lignin oranının azalması selüloz içeriğinin artış göstermesine neden olmaktadır. Beyaz ve parlak yapıya sahip olan selüloz odun yüzeylerinin parlaklık değerlerini arttırmaktadır (Feist, 1990; Ormondroyd vd., 2015). Şahin vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, limon odununda 144, 288 ve 432 saatlik yaşlandırma sonrasında parlaklık değerlerinin değiştiği bildirilmiştir.

3.4. Yüzey pürüzlülüğü

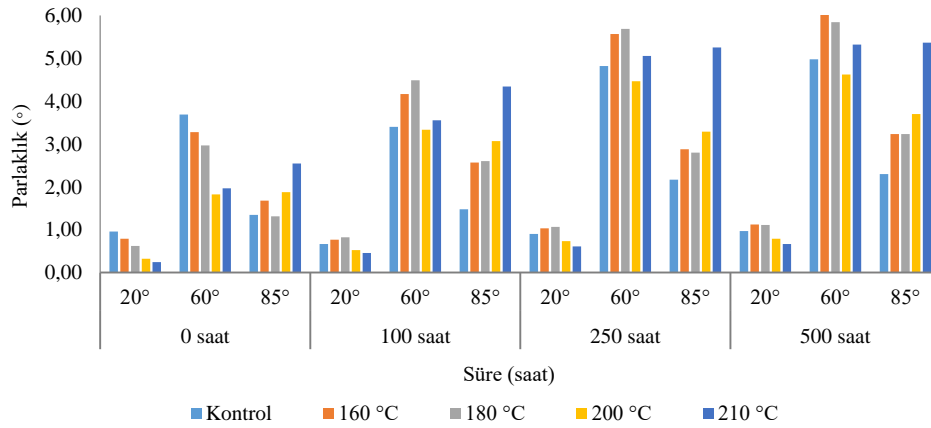
Isıl işlem uygulanmış defne odunu örneklerine ait pürüzlülük değişim değerleri Şekil 4'te verilmiştir. Değerlerin tamamı pozitif olup, ısı işlem ile pürüzlülüğün azaldığını göstermektedir.

Pürüzlülük değerleri R_q , R_z ve R_a incelendiğinde ısı işlem uygulaması ile defne odun örneklerinin pürüzlülük değerlerinin azalmış, fakat artan ısı işlem sıcaklığı ile pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. Bakar vd. (2013), ısı işlem ile yüzey kalitesinin iyileşmesinin yüksek sıcaklıklarda hücre duvarındaki bio-kimyasal değişimlerden kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında ısı işlem sonrası örneklerin yüzey kalitelerinin arttığı belirtilmektedir (Kasemsiri vd., 2012; Korkut vd., 2013; Aytin vd., 2015). Ayrıca farklı çalışmalarda ısı işlem sıcaklığının artışıyla pürüzlülük değerlerinin azaldığı vurgulanmaktadır (Kvietkova vd., 2015; Aytin ve Korkut, 2016). 190 °C ve 212 °C'de yapılan ısı işlem sonrası yüzey pürüzlülüğünün %10 ila %25 oranında azaldığı belirtilmektedir (Kasemsiri vd., 2012; Korkut vd., 2013). Kontrol ve test örneklerine ait pürüzlülük değerleri (R_q , R_z , R_a) Çizelge 4'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kontrol örneklerinde yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. Isıl işlem uygulanmış test örneklerinde pürüzlülük değişimi kontrole kıyasla daha fazla olmuştur. UV ışınlarına maruz kalan defne odun örnek yüzeylerinde yarıklar ve çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sırasında su kullanılması, çözülmüş bozunma ürünlerinin ahşap yüzeyden uzaklaştırılmasına ve yıkanmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir. (Kamdem ve Grelier, 2002).

Çizelge 3. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana parlaklık değişimi (%) değerleri

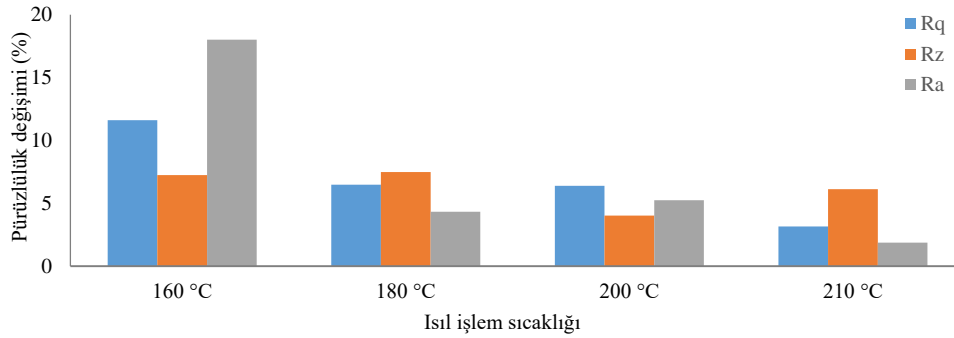
Isıl işlem	20°'de parlaklık	60°'de parlaklık	80°'de parlaklık
160 °C	11,46	0,00	-28,26
180 °C	44,48	26,99	32,54
200 °C	64,32	41,35	16,37
210 °C	75,44	52,01	3,35



Şekil 3. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin 20°, 60° ve 85°'de parlaklık değerleri

Çizelge 4. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin R_q, R_z, R_a pürüzlülük değerleri

Isıl işlem sıcaklığı	Yaşlandırma süresi											
	0 saat			100 saat			250 saat			500 saat		
	R _q	R _z	R _a	R _q	R _z	R _a	R _q	R _z	R _a	R _q	R _z	R _a
Kontrol	11,62	60,72	9,51	11,64	64,39	9,20	13,64	70,87	10,84	14,03	72,17	11,85
160 °C	12,54	65,07	10,18	12,30	61,67	10,15	14,18	71,06	11,59	11,47	57,63	9,16
180 °C	13,16	74,93	10,41	12,00	62,34	9,71	12,08	59,25	9,89	11,12	60,60	8,70
200 °C	11,32	66,57	9,15	14,66	79,85	11,70	15,22	73,30	12,05	15,74	71,74	12,88
210 °C	13,78	65,98	11,18	14,64	64,77	10,37	11,02	55,80	8,70	13,67	70,43	10,77



Şekil 4. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana gelen pürüzlülük değişimi (%) değerleri

4. Sonuç

Uygulanan ısıl işlem yöntemine göre defne odun örneklerinde 160°C, 180°C ve 200°C'de yapılan ısıl işlemde benzer ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Fakat ısıl işlem sıcaklığının 210°C'ye yükselmesi ile ağırlık kaybında ciddi artışlar görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığının artışına paralel olarak toplam renk değişimi, hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışı ile de örnek yüzeylerindeki grileşme artış göstermiştir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde parlaklık önemli oranda düşmüş, yaşlandırma süresinin artışıyla da daha parlak yüzeyler elde edilmiştir. Isıl işlem uygulaması ile örneklerin pürüzlülük değerleri azalma gösterirken, artan ısıl işlem sıcaklığı ile pürüzlülük değerleri artış göstermiştir.

Kaynaklar

- Ahajji, A., Diouf, P.N., Aloui, F., Elbakali, I., Perrin, D., Merlin, A., George, B., 2009. Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. *Wood Science and Technology*, 43(1-2): 69-83. DOI: 10.1007/s00226-008-0208-3.
- Anonim, 2004. Türkiye ormanlarında odun dışı ürünler. TC. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Arpacı, Ş.S., Dizman Tomak, E., 2020. Yaşlandırma testlerinin ahşap malzemenin özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2): 654-673. DOI: 10.24011/barofed.658875.
- ASTM D 2244-3, 2007. Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM Standards, A.B.D., 1-13.
- ASTM-G154, 1998. Standard practice for operating fluorescent ultraviolet (UV) lamp apparatus for exposure of nonmetallic materials. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., 2018. Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapeli and merbau woods. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1): 11-20. DOI: 10.33725/mamad.428913.

- Ayata, Ü., Çavuş, V., 2018. Amerikan ceviz, Amerikan meşesi ve kırmızı Amerikan meşesi odunlarında renk ve parlaklık üzerine ısıtma işlemi (ThermoWood Metot) etkisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4): 546-553. DOI: 10.21923/jesd.383624.
- Ayata, Ü., Gurleyen, L., Esteves, B., 2017. Effect of heat treatment on the surface of selected exotic wood species. *Drewno*, 60(199): 105-116. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.198.08.
- Aydemir, D., Gündüz, G., 2009. Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 61-70.
- Ayrılmış, N., Winandy, J.E., 2009. Effects of post heat-treatments on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. *Materials and Manufacturing Processes*, 24(5): 594-599. DOI: 10.1080/10426910902748032.
- 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.
- Baysal, E., Kart, S., Toker, H., Degirmentepe, S., 2014. Some physical characteristics of thermally modified oriental-beech wood. *Maderas. Ciencia tecnología*, 16(3): 291-298.
- Bekhta P., Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung* 57(5): 539-546.
- Boonstra, M., 2008. A two-stage thermal modification of wood, PhD Dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy, France.
- Can, A., 2011. Endüstriyel ölçekli ısıtma işlem ve borlu bileşiklerle empenyenin odunun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Can, A., 2020. Effects of heat treatment in open and closed systems of wood on physical properties after coating. *Bioresources*, 15(2): 2708-2720.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2019. Surface characterization of wood treated with boron compounds combined with water repellents. *Color Research & Application*, 44(3): 462-472.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2016. Accelerated weathering performance of impregnated wood samples coated with zinc by means of plasma-assisted particle deposition. *International Research Group on Wood Preservation 47. IRG Annual Conference*, Lisbon, Portugal, 15-19 May, IRG/WP16-30682, pp.12-19
- Can, A., Sivrikaya, H., 2017. Effect of water repellents on the surface characterisation of scots pine (*Pinus sylvestris*) exposed to accelerated and outdoor weathering. 28th International Conference on Wood Science and Technology Implementation of Wood Science in Woodworking Sector, Zagreb, Croatia, 7-9 December, pp.125-133.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2019. Surface characterization of wood treated with boron compounds combined with water repellents. *Color Research & Application*, 44(3): 462-472.
- Cavus, V., Ayata, U., Sahin, S., 2018a. The Effects of heat treatment (Silvapro®) on colour and glossiness in abura, amarante, baboen, burkea, imbuia, mukarati, pear, rengas, sali and sepetir wood types. 3. The International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC 2018), September 17-18-19, Nevşehir, Turkey, 154-161.
- Cavus, V., Ayata, U., Sahin, S., 2018b. Determination of color and glossiness in heat-treated (Silvapro®) alep, awoura, bubinga, andiroba, gutambu, lime european, mersawa, nyatoh, punah and timborana wood types. 3. The International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC 2018), September 17-18-19, Nevşehir, Turkey, 96-104.
- Cengiz, Y., 1979. Akdeniz Defnesi (*Laurus nobilis* L.) Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Raporlar Serisi, No: 5, Ankara.
- Chotikhun, A., Hiziroglu, S., 2016. Measurement of dimensional stability of heat treated southern red oak (*Quercus falcata* Michx.). *Measurement*, 87: 99-103.
- Cooper, P., Wang, J., 2005. Enhanced value of moderate grade wood through high temperature modification in oil. Value-to-wood Research Report, Project UT1.
- Doruk, Ş., Altınok, M., Perçin, O., 2010. Isıtma işlemi ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3): 262-270.
- Esteves, B., Ayata, U., Gurleyen, L., 2019. Effect of heat treatment on the colour and glossiness of black locust, wild pear, linden, alder and willow wood. *Drewno*, 62(203): 39-52. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.267.10.
- Esteves, B.M., Pereira, H.M., 2009. Wood modification by heat treatment A review. *BioResources*, 4(1): 370-404
- Feist, W.C., 1989. *Archaeological Wood: Properties, Chemistry, and Preservation*. USA: American Chemical Society.
- Feist, W.C., 1990. Weathering performance of painting wood pretreated with water repellent preservatives, *Forest Products Journal*, 40(7-8): 21-26.
- Fidan, M.S., Ertaş, M., Kaya, S., Karademir, A., 2018. Hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine maruz bırakılan kayın ve ladin odunlarının yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümü üzerine etkileri. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4(2): 1-9.
- Gunduz, G., Aydemir, S., Korkut, S., 2010. The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of Uludag fir wood. *Drying Technology*, 28(2): 249-255.
- Gurleyen, L., Esteves, B., Ayata, U., Gurleyen, T., Cinar, H., 2018. The effects of heat treatment on colour and glossiness of some commercial woods in Turkey. *Drewno*, 61(201): 81-90. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.227.03.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., 2017a. Isıtma işlemi (ThermoWood method) görmüş akçağaç, kayın, kızılçam ve dişbudak odunlarında renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi, 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Mühendislik Kongresi, 16-18 Kasım, (IAREC2017), Osmaniye, Türkiye, pp. 752-759.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., Can, A., 2017b. ThermoWood metoduna göre ısıtma işlemi görmüş santos, gül ve üzüm odunlarında renk ve parlaklık özelliklerinin belirlenmesi, 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC 2017), 11-13 Ekim, Nevşehir, Türkiye, pp. 401-407.
- Huang, X., Kocaefe, D., Kocaefe, Y., Boluk, Y., Pichette, A., 2012. A spectrophotometric and chemical study on color modification of heat-treated wood during artificial weathering. *Applied Surface Science*, 258(14): 5360-5369.
- ISO 2813, 1994. *Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Çelik, S., Gönül, Ş., 2017. Ahşap esaslı levha sektöründe kullanılan yanma geciktiriciler. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3): 389-399.
- Kamdem, D.P., Grelier S., 2002. Surface roughness and color change of copper amine and UV absorber-treated red maple (*Acer rubrum*) exposed to artificial ultraviolet light. *Holzforshung*, 56(5): 473-478.
- Kamperidou, V., Barboutis, I., Vasileiou, V., 2013. Response of colour and hygroscopic properties of Scots pine wood to thermal treatment. *Journal of Forestry Research*, 24(3): 571-575.
- Kasemsiri, P., Hiziroglu, S., Rimduist, S., 2012. Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.). *Journal of Materials Processing Technology*, 212(6): 1324-1330.
- Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D., 2009a. Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood. *Drying Technology*, 27(1): 89-93.

- Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D., 2009b. The effect of mass loss on mechanic properties of heat-treated paulownia wood. *Wood Research*, 54(2): 101-108.
- Kesik, H.I., Korkut, S., Hiziroglu, S., Sevik, H., 2014. An evaluation of properties of four heat treated wood species. *Industrial Crops and Products*, 60: 60-65.
- Korkut, D.S., Hiziroglu, S., Aytin, A., 2013. Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2): 1582-1590.
- Korkut, S., Alma, M.H., Elyıldırım, Y.K., 2009. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5316-5327.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2): 11-34.
- Krystofiak, T., Bekhta, P., Muszynska, M., 2014. Effect of temperature of thermo-mechanical treatment of pine wood (*Pinus sylvestris* L.) veneers upon gloss and wettability. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, pp. 88.
- Kvietkova, M., Gaff, M., Gašparik, M., Kaplan, L., Barcik, 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.
- MacLean, J.D., 1951. Rate of disintegration of wood under different heating conditions. *Proceeding of American Wood Preservers Association*, 47: 155-168.
- Mitsui, K., Takada, H., Sugiyama, M., Hasegawa, R., (2001). Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 1. Effect of treatment conditions on the change in color. *Holzforchung*, 55(6): 601-605.
- Ormondroyd, G.A., Spear, M., Curling, S.F., 2015. Modified wood: review of efficacy and service life testing. *Proceedings of the ICE - Construction Materials*, 4: 1-18.
- Pelit, H., Sönmez, A., 2015. Termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısıl işlemin doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1): 1-14.
- Sivrikaya H., Tesařová, D., Jeřábková, 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.
- Sivrikaya, H., Can, A., de Troya, T., Conde, M., 2015. Comparative biological resistance of differently thermal modified wood species against decay fungi, *Reticulitermes grassei* and *Hylotrupes bajulus*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3): 559-570.
- Sivrikaya, H., Can, A., Tümen, İ., Aydemir, D., 2017. Weathering performance of wood treated with copper azole and water repellents. *Wood Research*, 62(3): 437-450.
- Şafak, İ., Okan, T., 2004. Kekik, Defne ve Çam Fıstığının Üretimi ve Pazarlaması. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Dergi Serisi, No:10, Tarsus*.
- Şahin Kol, H., Aysal Keskin, S., Gündüz Vaydoğan, K., 2017. Hızlı yaşlandırılmış ısıl işlem görmüş odunun bazı yüzey karakteristikleri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3): 831-838.
- Şahin, S., Ayata, Ü., 2018. Teak, Black Ebony ve Wenge Ağaç Türlerinde Renk ve Parlaklık Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin (Thermowood Metot) Etkisi, *Multidisipliner Çalışmalar-3 (Sağlık ve Fen Bilimleri)*, (Ed: Karapınar, R., Kuş, M.A.), Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara, s: 323-334. ISBN: 978-605-288-223-8.
- Şahin, S., Ayata, Ü., Bal, B.C., Esteves, B., Can, A., Sivrikaya, H., 2020. Determination of some wood properties and response to weathering of *Citrus limon* (L.) Burm wood. *Bioresources*, 15(3): 6840-6850. DOI: 10.15376/biores.15.3.6840-6850.
- Tjeerdsmas, B., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H., 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. *Holz Roh-Werkst*, 56(3): 149-153.
- Türkoğlu, T., Baysal, E., Tokar, H., Altay, Ç., 2019. Isıl işleme tabi tutulan ve vernik/sıvıcam ile kaplanan doğu kayını odununun doğal yaşlandırma sonrası renk kararlılığının belirlenmesi. *Proceeding of International European Conference on Mathematics -Engineering - Natural & Medical Sciences - X*, December 14-15, İzmir, Turkey, pp. 448-456.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 5(4): 405-409.
- Williams, R.S., 2005. Weathering of wood. *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 7: 139-185.
- Yazici, H., 2020. Feasibility of using waste sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.) in particleboard production. *BioResources*, 15(4): 8175-8190. DOI: 10.15376/biores.15.4.8175-8190.
- Yıldız, S., 2002. Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating, Ph.D. Thesis, Black Sea Technical University, Trabzon, Turkey.
- Yıldız, S., Tomak, E.D., Yıldız, U.C., Ustaomer, D., 2013. Effect of artificial weathering on the properties of heat treated wood. *Polymer Degradation and Stability*, 98(8): 1419-1427.