



Farklı Yaşlandırma Şartlarının Bazı Ağaç Türlerinin ThermoWood® Ürünlerinde Renk Değişimine Etkisi

Ayhan AYTİN^{1*}, Süleyman KORKUT², Nevzat ÇAKICIER²

¹ Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı, 81100, Düzce, Türkiye.

² Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, Türkiye.

Öz

Bu çalışmada ısı işlem uygulanmış ağaç türlerinde yoğunluk ve renk değişimi gibi fiziksel, statik eğilme direnci ve statik eğilmede elastikiyet modülü gibi mekanik özellikler araştırılmıştır. Fiziksel özelliklerden renk değişimi üst yüzey işlemi uygulanmış deneme örneklerinde doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma sonrası ayrı ayrı belirlenmiştir. İlk olarak, Türkiye'de doğal olarak yetişen çalışma ağaçları kavak (*Populus tremula*-TK), dişbudak (*Fraxinus angustifolia*-DYD), ladin (*Picea orientalis*-DL) ve göknar (*Abies bornmülleriana*-UG) seçilmiştir. Ardından çalışma ağaçları ThermoWood® yöntemi ile ısı işleme tabi tutulmuşlardır. Daha sonra, DYD ve UG için tam kuru yoğunluk (TKY), hava kurusu yoğunluk (HKY) ve statik eğilme direnci (ED) ve statik eğilmede elastikiyet modülü (EM) test örnekleri, aynı zamanda tüm ağaç türlerinden yaşlandırma çalışması yapılacak deneme örnekleri hazırlanmıştır. Yaşlandırma test örneklerine tek bileşenli (STB), çift bileşenli (SÇB) ve renkli olmak (SRV) üzere üç farklı içeriğe sahip su bazlı vernik (SBV) ile yüzey işlemi uygulanmıştır. Örnekler üzerinde daha sonra 190 gün boyunca doğal yaşlandırma (DY), 336 saat hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaşlandırma testleri sonrasında en küçük ΔE değerleri SRV elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ısı işlem görmüş ağaç malzemelerin dış hava koşullarına açık kullanımlarında renk değişimine karşı alınabilecek en etkili tedbirlerden birisinin SRV kullanılmasının olduğu söylenebilir. Öte yandan HT test örneklerinde kontrol örneklerine (K) göre yoğunluk değerleri ile ED'nin azaldığı, EM değerinin ise arttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ThermoWood®, ısı işlem, su bazlı renkli vernik, yaşlandırma.

The Effect of Different Aging Conditions on Color Change of Some Wood Species in ThermoWood® Products

Abstract

In this study, mechanical properties such as static bending resistance and elastic modulus of elasticity in static bending with physical properties such as density were investigated in heat-treated wood species. The color change from the physical properties was determined separately after natural and accelerated weathering in the test samples on which the surface treatment was applied. Firstly, study trees which naturally grown in Turkey were selected aspen (*Populus tremula*-TK), ash (*Fraxinus angustifolia*-DYD), spruce (*Picea orientalis*-DL), and fir (*Abies bornmülleriana*-UG). Subsequently, they were subjected to heat treatment with the ThermoWood® method. Afterward, test samples for oven-dry density (TQM), air-dry density (HKY) and static bending resistance (ED), and static bending elasticity modulus (EM) test samples for DYD and UG, as well as test samples to be weathering from all tree species were prepared. Surface treatment was applied to the weathering test samples with a water-based varnish (SBV) with three different contents: one-component (STB), two-component (SÇB) and colored (SRV). Then, natural weathering (DY) for 190 days and accelerated weathering (QUV) for 336 hours were performed on the samples. After weathering tests, the smallest values in SRV were obtained. According to the results of the study, it can be said that one of the most effective measures to be taken against color change in outdoor use of heat-treated wood materials is to use SRV. On the other hand, it was determined that the density values and static bending resistance (ED) decreased and the elastic modulus (EM) value in static bending increased in HT test samples compared to the control samples (K).

Keywords: ThermoWood®, heat treatment, water-based colored varnish, aging

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ayhan AYTİN (Dr): Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, 81010, Düzce, Türkiye. Tel: +90 (533) 526 29 95
E-mail: ayhanaytin@duzce.du.tr, ORCID: 0000-0002-7938-1111

Geliş (Received) : 14.02.2021
Kabul (Accepted) : 22.03.2021
Basım (Published) : 15.04.2021

1. Giriş

İnsan ve çevre sağlığı bilinçlenmesindeki gelişmeler ile eş zamanlı olarak orman ürünleri sanayinde çevre dostu üretim teknikleri gittikçe daha fazla yer bulmaya başlamıştır. Ağaç malzeme modifikasyonunda ThermoWood® yöntemi gibi ısı işlem teknolojilerinin uygulanmaya başlaması (URL-1), su bazlı vernik endüstrisindeki gelişmeler (Budakçı 2011) ve su bazlı verniklerin koruyucu üst yüzey işlemlerinde gittikçe daha çok tercih edilmesine bağlı olarak meydana gelen artışlar (Akter ve diğ. 2019) çevre dostu üretim teknolojilerine verilebilecek örneklerin başında gelmektedir.

ThermoWood® yöntemi, günümüzde ağaç malzeme modifikasyonunda kullanılmakta olan çok sayıda değişik yöntem arasında endüstrileşmiş ve ticari anlamda yaygınlaşmış olan çevre dostu bir üretim tekniğidir. Yöntem taze veya hava kurusu ağaç malzemeye 180–250°C sıcaklıklarda termal yol ile buhar koruması altında ısı işlem uygulanmasını sağlayan yöntemdir (Rapp A.O 2001). Isıl işlem ağaç malzemenin kimyasal yapısını değiştirmekte olup, değişimler onun kullanılış özelliklerini etkilemekte, sınırlayabilmekte veya destekleyebilmektedir. Isıl işlemin en belirgin sonuçlarından biri ağaç malzemede fiziksel özelliklerden biri olarak sınıflandırılan yoğunluğun azalmasıdır. Literatüre incelendiğinde genel bir ortak sonuç olarak ısı işlem ile birlikte yoğunluğun azaldığı görülmektedir (Aytin 2013; Güller 2012; Todorovic ve diğ. 2012; Sefil 2010 ve diğ.). Benzer şekilde ısı işlem görmüş ağaç malzemeler ile yapılan çalışmalarda statik eğilme direnci değerinin azaldığı anlaşılmaktadır (Poncsak ve diğ., 2011; Sefil, 2010; Özçifçi ve diğ., 2009). Bekhta ve Niemz (2005) çalışmalarında ısı işlem sonrası ladin odununda eğilme direncinin yaklaşık %44-50 oranında azaldığını bildirmektedirler. Isıl işlem ile ağaç malzemenin modifikasyonunda mekanik direnç değerlerinde genel bir kaide olarak azalmalar görüldüğü ifade edilmekle birlikte bazı mekanik özelliklerde örneğin elastikiyet modülünün ya hiç değişmediği ya da çok az bir miktar arttığı belirtilmektedir (Sefil 2010, Dubey 2010). Horvath ve diğ. (2012), çalışmalarında ısı işlemin elastikiyet modülünü %25'e kadar artırdığını, Aytin (2013) eğilme elastikiyet modülündeki artışta ısı işlem sıcaklığı artışı ve sürenin uzamasının etkili olduğunu bildirmektedirler. Shi ve diğ. (2007), 200°C ve üzeri sıcaklıklarda ısı işlem uyguladıkları çam ve ladinde elastikiyet modülünün %4 ile %28 kadar azalmasına karşılık kavak ve huşta arttığını bulmuşlardır.

Isıl işlem ağaç malzemede renk üzerine de önemli etkide bulunmakta olup, ısı işlem ile birlikte ağaç malzeme rengi koyulaşmakta ve renk daha homojen yapıya kavuşmaktadır (Li ve diğ. 2011, Tuong ve Li 2010, Nuopponen 2005). Rengin ağaç malzeme değerlendirilmesinde özellikle estetik kazanımlara yaptığı katkıdan dolayı oldukça önemli bir faktör olduğu göz önüne alındığında meydana gelen değişim pozitif manada dikkat çekici olmaktadır. Ancak ısı işlem ile meydana gelen renk kazanımı, kullanım alanlarında koyulaşmanın kalıcı olmaması ve rengin zamanla grileşmesi nedeni ile olumsuzluk yaratmaktadır (Huang ve diğ. 2012). Bu yüzden ısı işlem görmüş ağaç malzemede rengin daha uzun süre stabil kalmasını sağlayıcı tedbirlerin alınması örneğin koruyucu üst yüzey işlemleri yapılması ayrı bir önem arz etmektedir.

Su bazlı vernikler uçucu organik bileşen(VOC) miktarının düşük olması nedeni ile çevre dostu üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması konusunda atılacak adımların başında gelmektedir. Ağaç malzemenin rengini değiştirmeyen SBV çoğunlukla rensiz, kokusuz üretilen ve sararmayan kimyasal reaksiyon kurumalı vernikler olup dönüşümsüz katman verirler (Yıldız, 1999). Ancak VOC miktarının düşük olmasına rağmen çok daha düşük düzeylere çekilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Su bazlı vernikler alkid, poliester, akrilik ve poliüretan yanında daha birçok reçineden üretilmektedirler. Parlak olanlarında renk pigmenti bulunmazken, mat verniklerde matlaştırıcı elemanlar bulunmaktadır (Johnson, 1997).

Ağaç malzemede yaşlandırma, onun kullanım alanlarında rutubet, sıcaklık, yağış ve güneş ışığının değişik dalga boyları gibi faktörlerin etkisi altındaki durumunu özel olarak hazırlanmış laboratuvar veya doğal ortamlarda belirlemek amacı ile yapılır. Dolayısıyla, gerek ağaç malzeme gerek ise ağaç malzeme yüzeyindeki vernik katmanlarında bozulmalar meydana getiren, kullanım performansını etkileyen ve kullanım ömrünü kısaltan faktörlerin etki derecesi ve şeklinin bilinmesi pratik bakımdan çok önemli bulunmaktadır. Son yüzyılda bu alanda ağaç malzeme yaşlanmasını belirlemek üzere doğal test istasyonları kurulmuş ve laboratuvarlarda kullanılmak üzere yaşlandırma cihazları geliştirilmiştir (URL-2). Yaşlandırma işlemlerinde etkileyen faktörlerin çokluğu ve etki çeşitliliği, bina dışı kullanımlar için yaşlandırma testlerinin doğal yollarla yapılmasını, şartların benzeştirilmesi ve daha güvenilir karşılaştırma yapılabilmesi bakımından gerekli kılmalıdır. Öte yandan bina içinde etkilerin daha küçük sınırlar içerisinde değişmesi bina içi kullanımlar için yaşlandırma cihazlarının uygunluğunu söz konusu olmaktadır.

Çalışmada ThermoWood® yöntemi ile ısı işlem uygulanmış dişbudak ve uludağ göknarı için fiziksel özelliklerden tam ve hava kurusu yoğunluk, mekanik özelliklerden ise ED ve EM belirlenmiş; çalışma kapsamındaki tüm ağaç türlerinde SBV ile kaplanmış örneklerde doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma sonrası renk değişimi incelenmiştir. ThermoWood® ürünlerde SBV performanslarını belirlemenin yanı sıra hem

literatüre katkı sağlanması hem de çevre dostu üretim teknik, araç, gereç ve yöntemlerin yaygınlaştırılmasına da katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Ayrıca yaşlandırma uygulamaları ile ilgili olarak en fazla merak edilen hususlardan biri de hızlandırılmış yaşlandırmada uygulanan süre ile elde edilen değerlerin ne kadarlık doğal yaşlandırmaya karşılık gelmekte olduğu olup, bu konuda henüz bir algoritma oluşturulmuş bulunmamaktadır. Çalışmamızda aynı örnekler üzerinde hem doğal hem de hızlandırılmış yaşlandırma uygulamak sureti ile bu konuda yapılacak olan çalışmalara esas teşkil edilmesi de amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç türleri

Çalışmada kullanılan ağaç türleri Türkiye doğal olarak yetişmekte olan, orman ürünleri sanayinde önemli kullanım alanı bulunan ve aynı zamanda potansiyel teşkil eden kavak (*Populus tremula*-TK), dişbudak (*Fraxinus angustifolia*-DYG), ladin (*Picea orientalis*-DL) ve göknar (*Abies bornmülleriana*-UG) türlerinden TS 4176/1984'e göre seçilmiştir. Çalışma ağaçları coğrafi bölgeleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma ağaçları coğrafi bölgeleri (Harita-Anonim 2021).

2.1.2. Isıl işlem

Boyut toleransları verilen 26x100x600 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ölçülerindeki TK, DYD, DL ve UG taslakları Novawood Orman Ürünleri Fabrikasında (Gerede/Bolu) ThermoWood® yöntemi ile 190 ve 212° sıcaklık ve 1 saat süre ısıtılma tabii uygulanmış ve ThermoWood® paneller hazırlanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan varyasyonlar.

Sıra No	Varyasyon	Varyasyon kısaltma
1	Kontrol	K
2	190°C 1 Saat	TW ₁
3	212°C 1 Saat	TW ₂

2.1.3. Vernik

Çalışmada farklı özelliklere sahip SBV kullanılmıştır. Verniklerin temel karakteristikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Verniklerin uygulama ile ilgili temel karakteristikleri.

Vernik adı ve kısaltması	Viskozite	Uygulama	Miktar (gr/cm ²)	Metod	Katı madde miktarı
Su bazlı tek bileşenli (STB)	DIN 4 kabında 20°C de 11 sn. →	6150 Astar 2 kat,	65-125	Daldırma	19% ± 2
	DIN 6 kabında 20°C de 45-55 sn. →	7680 Son kat 2 Kat	80-150	1,8 Pistole	43%±2
Su bazlı çift bileşenli (SÇB)	DIN 4 kabında 20°C de 11 sn. →	6150 Astar 2 kat	65-125	Daldırma	19% ±
	DIN 4 kabında 20°C'de 35-45 sn →	0820 2 Kat (%20 AX 115 Sert. Ve % 10 Su ilaveli)	60-100	1,8 Pistole	32%±2
Su bazlı renkli vernik (SRV)	DIN 4 kabında 20°C'de 26-33 sn. →	7060 Astar 2 kat	60-80	Daldırma	33% ± 2
	DIN 4 kabında 20°C de 45-55 sn. →	7560 Son kat 2 Kat	70-110	1,8 Pistole	34%±2

2.2. Metot

2.2.1. Yoğunlukların belirlenmesi

Tam kuru yoğunluk (δ_0) ve hava kuru yoğunluk (δ_{12}) değerleri TS 2472/1976 ve TS 2471/1976 standardına göre belirlenmiştir. Yoğunluklar için TS CEN/TS 15679 (2010)'e göre 20x20x30 mm boyutlarında her bir varyasyon için 10'er adet olmak üzere toplam 60'ar adet deney örneği hazırlanmış, yoğunlukların belirlenmesi için esaslarına uyulmuştur. Tam kuru yoğunluk şu formül ile hesaplanmıştır (1);

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} (gr/cm^3) \quad (1)$$

Eşitlikte, δ_0 : Tam kuru yoğunluk, (gr/cm³); M_0 : Tam kuru ağırlık, (gr); V_0 : Tam kuru hacim, (cm³) ifade etmektedir.

Hava kuru yoğunluğun hesaplanmasında şu formül kullanılmıştır (2).

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} (gr/cm^3) \quad (2)$$

Eşitlikte, δ_{12} : Hava kuru yoğunluk, (gr/cm³); M_{12} : Hava kuru ağırlık, (gr); V_{12} : Hava kuru hacim, (cm³) ifade etmektedir. Hesaplanan rutubet değerlerinden, KÖ için yoğunlukların % 12'ye ayarlanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (3).

$$\delta_{12} = \delta_R \times \left[\frac{(1 - 0,85 \times \delta_R) \times (R - 12)}{100} \right] (gr/cm^3) \quad (3)$$

Eşitlikte, δ_{12} : Hava kuru yoğunluk, (gr/cm³); δ_R : % R rutubetteki yoğunluk, (g/cm³); R: Örnek rutubeti (%) ifade etmektedir.

2.2.2. Statik eğilme direnci ve statik eğilmede elastikiyet modülü

Statik eğilme direnci TS 2474/1976, statik eğilmede elastikiyet modülü TS 2478/1976 standardına göre belirlenmiştir. Deneyler için 20x20x360 mm boyutlarında olmak üzere her bir varyasyon için 10'ar toplamda 60 adet örnek hazırlanmıştır. Eğilme direncinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (4);

$$\sigma_B = \frac{3}{2} \times \frac{P_{max} \times l}{b \times h^2} (N/mm^2) \quad (4)$$

Eşitlikte; σ_B : Eğilme direnci, (N/mm²); P_{max} : Kırılma anında ölçülen maksimum kuvvet (N); L: Dayanaklar arası açıklık, (mm); b: Örnek genişliği, (mm); h: Örnek yüksekliği, (mm) ifade etmektedir. Eğilme direnci deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan kontrol örnekleri için, eğilme direnci değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (5);

$$\sigma_{B12} = \sigma_R [1 + \alpha(R - 12)](N/mm^2) \quad (5)$$

Eşitlikte, σ_{B12} : Hava kurusu rutubette eğilme direnci, (N/mm²); R: Rutubet, (%); σ_R : R rutubetinde eğilme direnci, (N/mm²); α : Düzeltme faktörü, (değeri 0.04) ifade etmektedir.

Statik eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (6);

$$E = \frac{\Delta P \times L^3}{4 \times f \times b \times h^3} (N/mm^2) \quad (6)$$

Eşitlikte, E: Eğilmede elastikiyet modülü, (N/mm²); ΔP : Elastikiyet bölgesindeki iki yükleme arasındaki fark, (N); f: Sehim miktarı, (mm); b: Radyal ölçü, (mm); h: Teğet ölçü, (mm); L: Mesnet açıklığı, (300 mm) ifade etmektedir. Eğilmede elastikiyet modülü deneyinin ardından rutubet değerleri TS 2471/1976'e göre belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı olan kontrol örnekleri için, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin % 12'ye ayarlanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (7);

$$E_{12} = E_R [1 - \alpha(12 - R)](N/mm^2) \quad (7)$$

Eşitlikte, E_{12} : Hava kurusu rutubette elastikiyet modülü, (N/mm²); R: Rutubet, (%); E_R : R rutubetinde elastikiyet modülü, (N/mm²); α : Düzeltme faktörü, (değeri 0,02) ifade etmektedir.

2.2.3. Üst yüzey işlem uygulama esasları

ThermoWood® TK, DYD, DL ve UG panellerinden doğal yaşlandırma (DY) için 20x100x320 (mm) ve hızlandırılmış yaşlandırma (QUV) için 12x179x315 (mm) ölçülerinde iki farklı boyut özelliklerine sahip deneme örnekleri hazırlanmıştır. Deneme örnekleri iklimlendirme odasında 20±2°C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nemde 28 gün bekletilmişlerdir.

Üst yüzey işlemi uygulanacak DY ve QUV deneme örnekleri iklimlendirme odasında bekletilmeyi takiben kalibre zımpara makinesi ile endüstriyel ölçekli uygulamalara uygun olarak 100 numaralı ve 180 numaralı zımparalar ile perdelanarak üst yüzey işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Zımpara işlemi görmüş odun örneklerinde, zımpara tozları, önce yumuşak kıllı bir fırça yardımı ile alınarak ve ardından basınçlı hava ile temizlenmiş, kontrol ölçümleri yapılmıştır.

Vernik üretici firmanın önerileri doğrultusunda astar kat uygulaması yapıldıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş, kuruyan vernik filmi 400 numaralı su zımparası ile zımparalanmış ve tozlar temizlendikten sonra ikinci kat uygulaması yapılmıştır. Yaşlandırmada kullanılacak test örneklerinin kenar ve baş kısımları vernik uygulanarak kapatılmıştır.

2.2.4. Doğal yaşlandırma

Doğal yaşlandırma (DY) ASTM D 1641/2004 standardı esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Titrek kavak, DYD, DL ve UG ağaç türlerinin her birinden 18'er adet olmak üzere 20x100x320 (mm) ölçülerinde toplamda 72 örnek hazırlanmıştır. Düzce İli Merkezi'nde gerçekleştirilen DY işleminde deneme örnekleri 45°, 90° ve 180° olmak üzere üç farklı açıda yaşlandırma yapılacak yüzeyleri güney cepheye bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Doğal yaşlandırma işlemine 01.03.2017 tarihinde başlanılarak 08.09.2017 tarihinde tamamlanmıştır. Doğal yaşlandırma için deneme deseni Çizelge 3'de, yaşlandırma örneklerinin panel yerleşimi Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. Doğal yaşlandırma için deneme deseni

	Vernik türü (VT) → Yaşlandırma açısı (YA)	STB			SÇB			SRV			Toplam
		45°	90°	180°	45°	90°	180°	45°	90°	180°	
Ağaç türü (AT)	Titrek kavak (TK)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
	Dişbudak (DYD)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
	Doğu Ladin (DL)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
	Uludağ Gökknar (UG)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Toplam →		8	8	8	8	8	8	8	8	8	72



Şekil 2. Yaşlandırma örneklerinin panel yerleşimi.

2.2.5. Hızlandırılmış yaşlandırma

Hızlandırılmış yaşlandırma ASTM G 154 (2006) standardına göre UVB EL 313 lambaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ardışık döngüler şeklinde toplam 336 saat süre ile uygulanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Hızlandırılmış yaşlandırma programı.

Döngü adımı	Faktör	Sıcaklık	Işık yoğunluğu	Süre
1	UV	50°C	0.85 W/M ²	8 saat
2	Yağmurlama			15 dakika
3	Kondisyonlama	40°C		3 saat 45 dakika

2.2.6. Toplam renk farklılığının belirlenmesi

Toplam renk farklılığı için renk ölçümleri Konica Minolta CD-600 spektrometresi ile ASTM D 2224 2 ve ISO 7724-2/1984 standartlarına uygun olarak yapılmış; ΔE^* , ISO 7724-3/1984'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (8);

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (8)$$

Eşitlikte, ΔE^* : Isıl işlem sonrasında örneklerde meydana gelen toplam renk farklılığını; ΔL^* : Siyah-beyaz renk değişimini; Δa^* : Kırmızı-yeşil renk değişimini, Δb^* : Sarı-mavi renk değişimini, ifade etmektedir.

2.2.7. İstatistik değerlendirme

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizine, anlamlı bulunan faktörler üzerinde farklılığın boyutunu belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tam Kuru Yoğunluk (δ_o)

Dişbudak ve UG ağaçları δ_o değerlerine ilişkin BVA sonuçları ile istatistikler Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Dişbudak UG ağaçları δo değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler.

BVA							İSTATİSTİKLER			
AT	Faktör (F)*	Kareler Toplamı (KT)	df	Kareler Ortalaması (KO)	F	Önem (P)**	Grup (G)	Ortalama (ORT)	Standart Sapma (SS)	Homojenlik Grupları (HG)
DYD	GA	0.040	2	0.020	21.00	0.000	K	0.6180	0.02860	C
	Gİ	0.025	27	0.001			TW ₁	0.5730	0.03234	B
	T	0.065	29				TW ₂	0.5290	0.03107	A
UG	GA	0.022	2	0.011	100.9	0.000	K	0.4210	0.01370	C
	Gİ	0.003	27	0.000			TW ₁	0.3740	0.00966	B
	T	0.025	29				TW ₂	0.3570	0.00675	A

*GA: Gruplar arası, Gİ: Gruplar içi, T: Toplam, **(P≤0.05).

Ağaç türleri arasında ısıl işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak δo değerlerinin azaldığı belirlenmiş bulunmaktadır. Kontrol örneklerine göre azalma miktarı en fazla TW₂ test örneklerinde meydana gelmiş olup, TW₂ örneklerde K'ne göre yüzde olarak azalma miktarları DYD ve UG ağaçlarında sırası ile olmak üzere 14.40 ve 15.20 olarak belirlenmiştir.

3.2. Hava kurusu yoğunluk (δ₁₂)

Dişbudak ve Uludağ UG ağaçları δ₁₂ değerlerine ilişkin BVA sonuçları Çizelge 6'de verilmiştir.

Çizelge 6. Dişbudak ve UG ağaçları δ₁₂ değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler.

BVA							İSTATİSTİKLER			
AT	F	KT	df	KO	F	P	G	ORT	SS	HG
DYD	GA	0.056	2	0.028	29.76	0.000	K	0.646	0.03098	C
	Gİ	0.026	27	0.001			TW ₁	0.589	0.02998	B
	T	0.082	29				TW ₂	0.540	0.03127	A
UG	GA	0.025	2	0.013	55.51	0.000	K	0.4470	0.00823	C
	Gİ	0.006	27	0.000			TW ₁	0.3980	0.01229	B
	T	0.031	29				TW ₂	0.3780	0.02150	A

Çizelge 6'a göre tüm ağaç türlerinde δ₁₂ değerine en yüksek K, en küçük TW₂ örneklerde belirlenmiştir. Ağaç türleri arasında ısıl işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak δ₁₂ değerlerinin azaldığı, TW₂ örneklerde K'ne göre yüzde olarak azalma miktarları DYD ve UG ağaçlarında sırası ile olmak üzere 16.40 ve 15.43 olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre belirlenen literatür ile uyumludur. Todorovic ve diğ. (2012) çalışmalarında ısıl işlemde sıcaklığın artırılmasının yoğunluğun azalmasında önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Dişbudak ve UG'da ısıl işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluklardaki azalma miktarının da arttığı görülmektedir. Gonzalez Pena M.M. ve diğ. (2009), çalışmalarında ısıl işlemin odunda ağırlık kaybına yol açtığını belirtmişlerdir. Kayın odununda 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıl işlem sonucu %0.3 olan ağırlık kaybının, 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıl işlemde %24.5'lere kadar; sarıçamda 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıl işlem sonucu %0.6 olan ağırlık kaybının 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıl işlemde %14'lere kadar; ladinde 190°C sıcaklık ve 20 dakika ısıl işlem sonucu %1.1 olan ağırlık kaybının 230°C sıcaklık ve 16 saat ısıl işlemde %15.4'lere kadar yükseldiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Borrega (2011), termal degradasyon sonucunda odunda kütle kaybı meydana geldiğini, Güller (2012) ısıl işlem ile karaçam odununun yoğunluğunun %2.57 ile %12.6 arasında azaldığını, Sefil (2010) Doğu kayını ve Uludağ göknarına ısıl işlem uygulamış olduğu çalışmasında ısıl işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak hava kurusu yoğunluk değerleri azalma oranlarında artış kaydettiğini belirtmektedirler.

3.3. Statik eğilme direnci (ED)

Dişbudak ve UG ağaçları ED değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Dişbudak ve UG ağaçları ED değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler.

BVA							İSTATİSTİKLER			
AT	F	KT	df	KO	F	P	G	ORT	SS	HG
DYD	GA	3212.763	2	1606.3	8.764	0.001	K	76,090	7,7460	A
	Gİ	4949.026	27	183.29			TW ₁	68,624	16,833	A
	T	8161.789	29				TW ₂	51,378	14,371	B
UG	GA	846.507	2	423.25	5.046	0.014	K	51,008	5,6947	A
	Gİ	2264.816	27	83.882			TW ₁	53,034	4,1774	A
	T	3111.323	29				TW ₂	40,890	14,204	B

Her iki ağaç türünde tüm gruplarda ED değerine en yüksek K, en küçük TW₂ örneklerde belirlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça ED değerlerinde azalma görülmekte olup K'ne göre yüzde olarak azalma miktarları DYD ve UG sırası ile olmak üzere 32.47 ve 19.83 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları önemli ölçüde literatür ile uyumludur. Poncsak ve diğ. (2011), *Pinus banksiana*'da ısıl işlem sonrası eğilme direncinin azaldığını belirtmiştir. Sefil (2010) eğilme direncinin sıcaklığın artması ile birlikte azaldığını tespit etmiştir. Özçifçi ve diğ. (2009), 150, 170 ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıl işlem uyguladıkları sarıçam odununda araştırdıkları mekanik dirençler arasında ısıl işlem uygulamasından en fazla eğilme direncinin etkilendiği belirlemişlerdir. Bekhta ve Niemz (2005), ısıl işlem sonrası ladin odununda eğilme direncinin %44-50 oranında azaldığını bulmuşlardır.

3.4. Statik Eğilmede Elastikiyet Modülü (EM)

Dişbudak ve UG ağaçları statik eğilmede elastikiyet modülü (EM) değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Dişbudak ve UG ağaçları EM değerlerine ilişkin BVA sonuçları ve istatistikler.

BVA							İSTATİSTİKLER			
AT	F	KT	df	KO	F	P	G	ORT	SS	HG
DYD	G	30112981.3	2	15056490	5.92	0.007	K	15189.1	1525.49	B
	Gİ	68614586.5	27	2541280			TW ₁	17642.4	1659.80	A
	T	98727567.8	29				TW ₂	16362.8	1594.28	BA
UG	G	5393240.6	2	2696620	1.40	0.264	K	11675.2	1627.26	A
	Gİ	51977869.9	27	1925106			TW ₁	12622.3	1235.85	A
	T	57371110.6	29				TW ₂	11779.6	1264.90	A

Çizelge 8'e göre ısıl işlem sıcaklığı arttıkça EEM değerlerinde K örneklerine göre artış olduğu görülmekte olup, en yüksek artış DYD ağacı TW₂ grubunda yüzde olarak % 14 meydana gelmiştir. Isıl işlem uygulaması sonucu elastikiyet modülü değişimin araştırıldığı çalışmalarda benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Sefil (2010) ThermoWood® metodu ile ısıl işlem uyguladığı doğu kayını ve uludağ göknarında ThermoWood,; Dubey (2010) oil treatment metodu ile ısıl işlem uyguladığı *Pinus radiata* ağaç örneklerinde elastikiyet modülünün ya hiç değişmediğini ya da çok az bir miktar arttığını, Horvath ve diğ. (2012) ise, çalışmalarında elastikiyet modülünün %25'e kadar arttığını bildirmektedirler. Shi ve diğ. (2007), 200°C ve üzeri sıcaklıklarda ısıl işlem uyguladıkları çam ve ladinde elastikiyet modülünün %4 ile %28 kadar azalmasına karşılık kavak ve huşta arttığını bulmuşlardır. Aytin (2013), yabani kiraz odununa 190°C ve 212°C, 1 ve 2 saat sürelerde ThermoWood® yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmada sıcaklık ve süresinin artışına bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülünün arttığını ifade etmektedir.

3.5. Toplam renk değişimi değerleri

ThermoWood® Titrek kavak, DYD, DL ve UG panellerinde doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma sonrası renk ölçümleri yapılmış ve toplam renk değişimi (ΔE) bulunmuştur.

3.5.1. Titrek kavak toplam renk değişimi değerleri

ThermoWood® TK, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA ve istatistikler Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. ThermoWood® TK örneklerinde ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler.

Değişken	ÇVA						İSTATİSTİKLER			
	KT	df	KO	F	P	PES	HG	A	B	C
VT	176988	2	88494	9510.6	0.0	0.85	VT	SRV	5.29	
YA	5417	2	2708.8	291.1	0.0	0.15		SÇB		20.0
Hafta (HF)	76105	18	4228.0	454.3	0.0	0.71		STB		20.98
VT x YA	317.2	4	79.3	8.524	0.0	0.01		Önem	1.00	1.00
VT x HF	20175.1	36	560.4	60.2	0.0	0.40	YA	180°		15.9
YA x HF	578	36	16.058	1.726	0.0	0.01		45°		16.70
VT x YA x HF	1288.4	72	17.8	1.923	0.0	0.04		90°	13.7	
Total	1128082	34						Önem	1.00	1.00

Çizelge 9'a göre VT düzeyinde en küçük ΔE , SRV'de 5.29, en yüksek STB'de 20.98; yerleştirme açısına göre en küçük ΔE , 90°'de 13.73, en yüksek 175°'de 15.9 olarak gerçekleşmiştir.

3.5.2. Dişbudak toplam renk değişimi değerleri

ThermoWood® DYD, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA ve istatistikler Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. ThermoWood® FE örneklerinde ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler.

Değişken	ÇVA						İSTATİSTİKLER			
	KT	df	KO	F	P	PES	HG	A	B	
VT	230828.0	2	1154	42.74	0.0	0.02	VT	SRV	4.66	
YA	8259.0	2	4129	1.529	0.2	0.00		SÇB		21.5
HF	66473.8	18	3692	1.368	0.1	0.00		STB		22.5
VT x YA	18726.3	4	4681	1.734	0.1	0.00		Önem	1.000	0.65
VT x HF	106147.7	36	2948	1.092	0.3	0.01	YA	180°		17.7
YA x HF	101687.6	36	2824	1.046	0.3	0.01		45°		16.8
VT x YA x HF	183745.1	72	2552	0.945	0.6	0.02		90°	14.12	
Total	8773073.6	3420	2700					Önem	0.114	

Çizelge 10'a göre vernik türü düzeyinde en küçük ΔE , SRV'de 4.66, en yüksek STB'de 22.5; yerleştirme açısına göre en küçük ΔE , 90°'de 14.1, en yüksek 175°'de 17.7 olarak gerçekleşmiştir.

3.5.3. Doğun ladin toplam renk değişimi değerleri

ThermoWood® DL, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. ThermoWood® DL, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler.

Değişken	ÇVA						İSTATİSTİKLER			
	KT	df	KO	F	O	PES	HG	A	B	
VT	160487.65	2	80243.8	46.128	0.00	0.028	VT	SRV	3.25	
YA	6469.140	2	3234.57	1.859	0.15	0.001		SÇB		15.7
HF	48107.96	18	2672.66	1.536	0.07	0.008		STB		19.1
VT x YA	7345.865	4	1836.46	1.056	0.37	0.001		Önem	1.00	0.05
VT x HF	66213.82	36	1839.27	1.057	0.37	0.012	YA	180°		14.11
YA x HF	65644.163	36	1823.44	1.048	0.39	0.011		45°		13.98
VT x YA x HF	126904.3	72	1762.56	1.013	0.44	0.022		90°	12.1	
Total	5650200.5	3248	1739.59					Önem	0.11	

Çizelge 11'e göre vernik türü düzeyinde en küçük ΔE , SRV'de 3.25, en yüksek STB'de 19.1; yerleştirme açısına göre en küçük ΔE , 90°'de 14.12, en yüksek 175°'de 17.77 olarak gerçekleşmiştir.

3.5.4. Uludağ göknarı toplam renk değişimi değerleri

ThermoWood® UG, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler Çizelge 12’de verilmiştir.

Çizelge 12. ThermoWood® UG, ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler.

Değişken	ÇVA						İSTATİSTİKLER		
	KT	df	KO	F	P	PES	HG→	A	B
VT	11840	2	59201.3	595.17	0.00	0.26	SRV	4.19	
YA	898.34	2	449.17	4.516	0.01	0.00	SÇB		16.60
HF	31994	18	1777.44	17.869	0.00	0.09	VT	STB	16.74
VT x YA	745.27	4	186.319	1.873	0.11	0.00	Önem	1.00	0.74
VT x HF	22032.	36	612.024	6.153	0.00	0.06	180°	12.17	
YA x HF	4600.3	36	127.789	1.285	0.11	0.01	YA	45°	13.23
VT x YA x HF	11150	72	154.869	1.557	0.00	0.03	90°	12.12	
Total	32307	3248	99.469				Önem	0.901	1.000

Çizelge 12’ e göre vernik türü düzeyinde en küçük ΔE, SRV’de 4.19, en yüksek STB’de 16.74; yerleştirme açısına göre en küçük ΔE, 90°’de 12.12, en yüksek 45°’de 13.23 olarak gerçekleşmiştir.

3.5.5. Hızlandırılmış yaşlandırma TK, DYD, LD ve UG toplam renk değişimi değerleri

Hızlandırılmış yaşlandırma sonrası TK, DYD, LD ve UG test örneklerinde ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler Çizelge 13’de verilmiştir.

Çizelge 13. Hızlandırılmış yaşlandırma sonrası TK, DYD, LD ve UG test örneklerinde ΔE değerlerine ilişkin ÇVA sonuçları ve istatistikler.

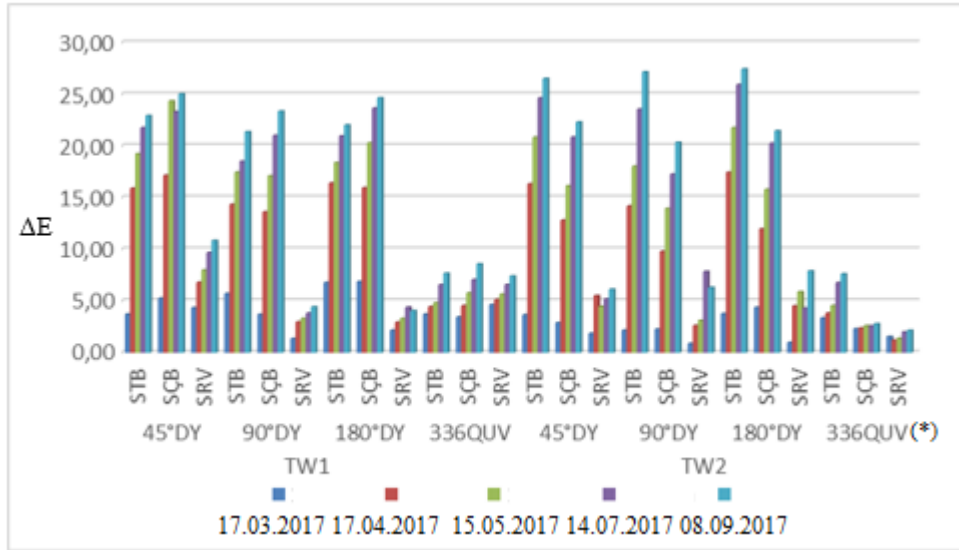
Faktör	ÇVA						AT			VT		
	KT	df	KO	F	O	PES	İsim	ΔE	HG	İsim	ΔE	HG
AT	984.2	3	328.0	48.7	0.0	0.40	DL	5.87	A	SRV	6.57	A
TW	1163.3	3	387.7	57.6	0.0	0.44	DYD	6.41	A	SÇB	7.51	B
TW & AT	4058.9	9	450.9	66.9	0.0	0.73	TK	6.44	A	STB	8.13	B
Hata	1454.05	216	6.7				UG	10.8	B			
Toplam	23498.0	240										

Çizelge 13’ e göre ağaç türü düzeyinde arasında en küçük ΔE değeri DL’inde 5.87, en yüksek UG’ında 10.8 olduğu anlaşılmıştır. Vernik türü düzeyinde en küçük ΔE, SRV’de 6.57, en yüksek STB’de 8.1 olarak gerçekleşmiştir.

3.5.6. Doğal ve QUV Yaşlandırma ΔE, renk parlaklığı (L), kırmızı yeşil (a) ve sarı mavi (b) renk değerleri analizi

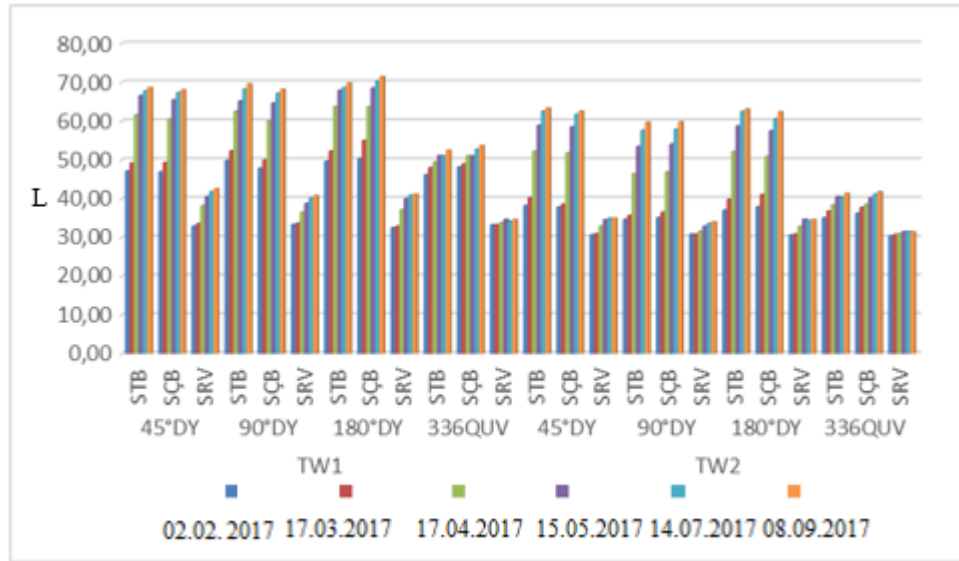
Çalışmada ΔE, hem DY hem de QUV şartlarında ağaç türü, vernik çeşidi ve yaşlandırma açısı bakımından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağaç türü dikkate alındığında en küçük ΔE her iki yaşlandırma uygulamasında da SRV’de olduğu görülmektedir (Çizelge 9, 10, 11, 12 ve 13 ve Şekil 3). Doğal yaşlandırmada ΔE ağaç türleri arasında en küçük SRV’de DL’de 3.25, en yüksek DYD örneklerinde 22.5 olarak elde edilmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırmada ise en küçük yine DL’de 5.87, en yüksek UG’da 10.8 olarak belirlenmiştir.

Yaşlandırma açısı elde edilen ΔE değerlerinde farklılaşmaya neden olmuştur. Yaşlandırma açısı bakımından yer düzlemine göre 180° açı ile yerleştirilmiş örneklerde ΔE en fazla olmuştur. En küçük ΔE ise 90° yerleşimde elde edilmiştir. Doğal yaşlandırmada YA ve VT etkileşimi bakımından yapılan değerlendirmede tüm açısız gruplarda en küçük ΔE’nin SRV’de olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar QUV uygulamasında da elde edilmiştir.



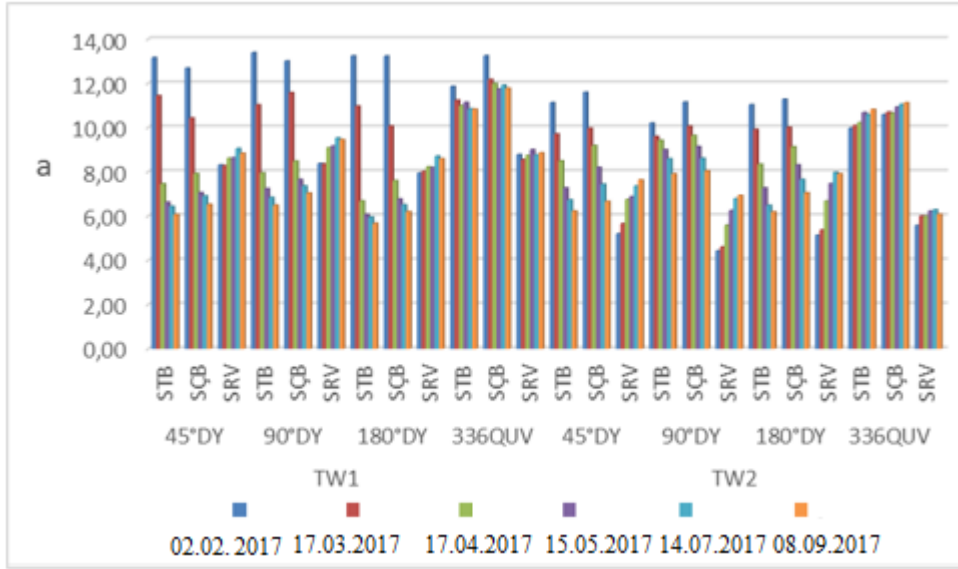
Şekil 3. Yaşlandırma sürecinde başlangıç değerlerine göre elde edilen ΔE (*: QUV değerleri 48, 120, 192, 264 ve 336. saatlerde yapılan ölçümlere göre hesaplanmıştır).

Toplam renk değişimi L, a ve b gibi renk bileşenlerinin yaşlandırma sürecinde almış oldukları farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Çalışma sürecinde başlangıçtan itibaren periyodik olarak yapılan ölçümler sonrası elde edilen değerlerdeki değişim de bunu desteklemektedir. Yaşlandırma sürecinde L değeri gittikçe artmaktadır. Doğal yaşlandırmada görüldüğü üzere L değeri SBT ve SÇB verniklerde önce tedrici bir şekilde, sonra hızlı bir artış göstermiş ve yaşlandırma sonlarına doğru artış hızı yeniden azalmıştır (Şekil 4). Buna karşılık SRV'de L değişimi STB ve SÇB verniklere göre önemsenmeyecek derecede az olmuştur. Bu verilerin ışığı altında ΔE üzerine en önemli etkinin L değerindeki değişimden kaynaklandığı ifade edilebilir. Yaşlandırma sürecine bağlı olarak L değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4'de verilmiştir.

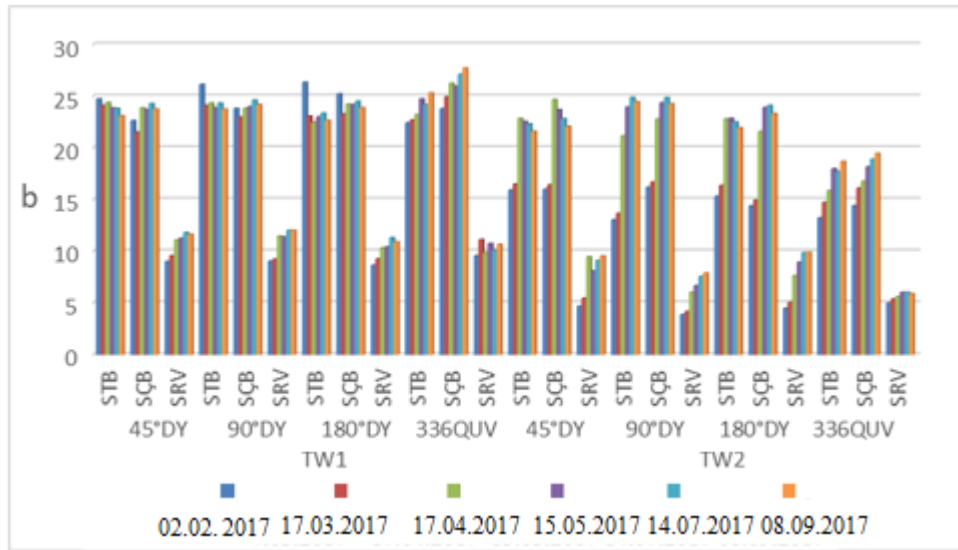


Şekil 4. Yaşlandırma sürecine bağlı olarak L değerinde meydana gelen değişim.

Yaşlandırma sürecinde DY'da özellikle kırmızı-yeşil (a) renk değişkeninde STB ve SÇB verniklerde azalma meydana gelmesine karşılık QUV'da tüm vernik gruplarında az da olsa artış meydana gelmiştir. Su bazlı renkli verniklerde aynı zamanda doğal yaşlandırmada da STB ve SÇB verniklerdeki azalmanın aksine artış meydana gelmiş olduğu görülmektedir (Şekil 5). Öte yandan sarı-mavi (b) renk değerlerinde yaşlandırma süresi boyunca QUV 336 saat STB ve SÇB vernikler ile TW₂ + SRV tüm açılar varyasyonları hariç dönemli bir değişim olmadığı görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 5. Yaşlandırma sürecine bağlı olarak a değerinde meydana gelen değişim.



Şekil 6. Yaşlandırma sürecine bağlı olarak b değerinde meydana gelen değişim.

Farklı yapısal özelliklere sahip vernikler ısı işlem uygulanmış ağaç malzemede renk değerleri üzerine farklı şekillerde etki etmektedir. Atar ve diğ., (2019)'a çalışma sonuçlarına göre ısı işlem uygulaması toplam renk değişiminin artmasına sebep olduğunu, toplam renk değişiminin en yüksek sentetik vernikte (43.35), en düşük su bazlı vernikte (20.08) elde edildiğini belirtmektedirler. Su bazlı verniklerin çalışmada kullanılan ağaç türlerinin ısı işlem varyasyonlarında ve ısı işlemsiz örneklerde diğer verniklere göre daha az renk değiştirici etki yaptığı belirlenmiştir. Baysal ve diğ. (2018), ısı işlem uygulanmış sarıçam ve doğu kayını odunlarına poliüretan (PÜV) ve selülozik (SEV) vernik uyguladıktan sonra 6 aylık doğal yaşlandırmaya bırakmışlardır. Sonuçta PÜV ile muamele edilen sarıçam odunu deney örneklerinin ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerlerinde genel olarak artış kaydedildiğini, buna karşılık SEV ile muamele edilen deney örneklerinde ise ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerlerinde genel olarak azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu sonuçlara bağlı olarak PÜV ile işlem gören deney örneklerinin sarılaşma ve kırmızılaşıma; SEV ile işlem gören deney örneklerinin ise mavileşme ve yeşillenme eğiliminde olduklarını ifade etmişlerdir. Türkoğlu ve diğ., (2017), doğu kayınına ısı işlem uyguladıktan sonra PÜV ile üst yüzey işlemini gerçekleştirmişler ve QUV'e tabi tutmuşlardır. Beş yüz saatlik QUV sonrasında sadece PÜV uygulanan örnek grubunda ΔL^* değerleri azalırken, ısı işlem + PÜV grupta ΔL^* değerlerinin arttığını belirlemişlerdir. Ayata (2014), çalışmasında ΔE değeri en yüksek SÇB vernikte 43.02, en düşük STB vernikte 42,37 olarak elde ettiğini belirtmektedir.

4. Sonuç

1.Yoğunluk, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde elde edilen çalışma sonuçları literatür ile uyumluluk göstermektedir. Titrek kavak, DYD, DL ve UG ThermoWood® ürünlerinin kullanım yerleri ile ilgili olarak çalışmada elde sonuçların dikkate alınması önemli olacaktır. Isıl işlem ile ağırlıkta meydana gelen hafif, ancak boyut stabilitesi iyileşen malzemenin kullanılacak olduğu alanlarda değerlendirilmesi dikkate alınmalıdır.

2. Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma sonuçlarına göre ısıl işlem uygulanmış TK, DYD, DL ve UG ThermoWood® ürünlerde yaşlandırma şartları renk stabilizasyonunu etkilemekte, ısıl işlem ile oluşan renk yapısı yaşlandırmanın başlaması ile birlikte değişmektedir. Buna ek olarak geleneksel vernikleme yöntemleri ile yapılan üst yüzey işlemlerinin renk değişiminin önlenmesinde kalıcı bir çözüm sunmadığı anlaşılmaktadır.

3. İçerisine renk pigmentlerinin katılması ile üretilen SRV vernikler renk stabilitesi bakımından daha iyi sonuçlar vermektedir. Çalışmada TK, DYD, DL ve UG ThermoWood® ürünleri ile elde edilen toplam renk değişimi sonuçları, su bazlı renkli verniklerin başlangıçtaki renk yapısını daha uzun süre stabil kalmasını sağlaması bakımından iyi bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Öte yandan renk pigmentleri ile modifiye edilmiş renkli verniklerin yüzeyde oluşturduğu görüntü ağaç dokularının doğal görünüşü üzerine etki yapmaktadır. Bu bakımdan kullanımda bu hususun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Çalışma sonuçları iki farklı sıcaklıkta bir saat süre ile ısıl işlem uygulanan ağaç malzemelerde doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma etkisinde benzer davranış sergilediklerini ortaya koymaktadır.

4.Çevre dostu üretim tekniklerinin çoğalması ve yaygınlaştırılması bakımından gerek SBV gerek ise ısıl işlem çevre dostu üretim teknikleri olarak ön plana çıkmaktadır. Su bazlı vernikler çevre dostu özellikleri bakımından benzer yüzey işlemleri maddeleri içerisinde iyi bir alternatif olmakta, ısıl işlem ise çok sayıda çevreyi kirletici kimyasal maddenin kullanımına getirilmesi planlanan sınırlandırma çalışmalarına önemli destek verme potansiyeli bulunmaktadır.

5.Doğal ve hızlandırılmış yaşlandırmada elde edilen renk değişiminde kesişme noktalarının belirlenmesi, diğer bir ifade ile doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma arasında bir optimizasyon elde edilmesi kolay görülmektedir. Bununla birlikte uygulanan yöntemler araç ve gereçler hakkında bilgi vermesi, sonuçların kendi aralarında yapılacak değerlendirmelerde yol haritası çizilmesi bakımından önemi bulunmaktadır.

6.Çalışma kapsamında ortaya çıkan sonuçlar gerek bilimsel gerek ise endüstriyel anlamda yeni fikirlerin oluşmasına sebep olması, hammadde kaynaklarının daha ekonomik ve gereksinimlere uygun olarak kullanılmasına hizmet etmesi bakımından önemli bulunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi BAP-2015.21.07.314 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. BAP-2015.21.07.314 numaralı projeye desteklerinden dolayı Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Akter, M., Aytin, A., Konmaz, C.K. (2019). “ The Effects Of Water-Based Color-Protective Barriers On Natural Wood Veneer”, *Sigma J Eng & Nat Sci*, 10 (1), 2019, 59-68.
2. URL-1 (2010). <http://www.thermowood.fi> (28 Haziran 2010).
3. URL-2 (2012). <http://www.q-lab.com> (26 Aralık 2012).
4. URL-3. (2021). <https://www.google.com/search?q=t%C3%BCrkiye+haritas%C4%B1> (03 Şubat 2021).
5. ASTM D 2224 2 e1 (2003). Standart Practice for Calculation or Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates, American Society For Testing and Materials, U.S.A.
6. ASTM D 1641 (2004). Standard Practice for Conducting Outdoor Exposure Tests of Varnishes. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.
7. ASTM G 154-06 (2006). Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials, ASTM, USA, 2-8.
8. Aytin, A. (2013). Yabani Kiraz (*Cerasus Avium* (L.) Monench) Odununun Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Yüksek Sıcaklık Uygulamasının Etkisi, Doktora tezi, Düzce.

9. **Bekhta, P., Niemz, P. (2005).** Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung*, 57(5), 539–546.
10. **Borrega, M. (2011).** Mechanisms affecting the structure and properties of heat-treated and high-temperature dried Norway spruce (*Picea abies*) wood, Dissertations Forestales, Faculty of Science and Forestry University of Eastern Finland, Finlandiya.
11. **Budakçı, M., Akkuş, M., Budakçı, A.A. (2011).** Su Bazlı Boya ve Verniklerin Türkiye’deki Üretimi ve Kullanımı, *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11)*, 16-18 May 2011, Elazığ, Türkiye.
12. **Dubey, M.K. (2010).** Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil, Forestry at the University of Canterbury, New Zealand
13. **Gonzalez-Pena, M.M., and Hale, Michael D.C. (2009).** Colour in Thermally Modified Wood of Beech, Norway Spruce and Scots Pine. Part 1: Colour Evolution and Colour Changes, *Holzforschung*, 63 (2009) 385–393
14. **Güller, B. (2012).** Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of *Pinus nigra* wood, *African Journal of Biotechnology*, 11(9), 2204-2209.
15. **Horvath, N., Csupor, K., Molnar, S., Nemeth, R. (2012).** Chemical-free wood preservation – the effect of dry thermal treatment on wood properties with special emphasis on wood resistance to fungal decay, *International Scientific Conference*, Sopron-Hungary.
16. **Huang, X., Kocafe, D., Kocafe, 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
17. **Johnson, R. (1997).** Waterborne Coatings An Overview of Waterborne Coatings: A Formulator’s Perspective. *Journal of Coatings Technology*. Vol.69. Page.117-121.
18. **Li, X., Cai, Z., Mou, Q., Wu, Yi., Liu, Y. (2011).** Effects of heat treatment on some physical properties of douglas fir (*pseudotsuga menziesii*) wood, *Advanced Materials Research Vols.* 197-198, 90-95.
19. **Nuopponen, M. (2005).** FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of scots pine wood and its extractable compounds, Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology, Espoo-Finland.
20. **Özçiftçi, A., Altun, S., Yapıcı, F. (2009).** Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özellikleri üzerine etkisi, *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük.
21. **Poncsak S., Kocafe D., Younsi R. (2011).** Improvement of the heat treatment of Jack pine (*Pinus banksiana*) using ThermoWood technology, *Eur. J. Wood Prod.*, 69, 281–286.
22. **Rapp, A.O. (2001).** Review on heat treatments of wood. European Thematic Network for Wood Modification. Hamburg-Almanya.
23. **Sefil, Y. (2010).** Thermowood yöntemiyle ısı işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi.
24. **Shi, J. L., Kocafe, D. and Zhang, J. (2007).** Mechanical behaviour of québec wood species heat-treated using thermowood process, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 65(4) 255-259.
25. **Todorovic, N., Popovic, Z., Milić, G., Popadic, R. (2012).** Estimation of heat-treated beechwood properties by color change, *BioResources*, 7(1), 799-815.
26. **TS 4176 (1984).** Odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
27. **ISO 7724-2 (1984).** Paints and varnishes-colorimetry-part2:colour measurement, ISO standart.
28. **ISO 7724-3 (1984).** Paints and varnishes-colorimetry-part 3:Calculation of colour differences”, ISO standart.
29. **TS 4318 (1985).** Boya ve vernikler, metalik olmayan boya katmanlarının 20°, 60° ve 85° açılarda parlaklık ölçümü, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
30. **TS CEN/TS 15679 (2010).** Isıl işlemle şekil verilmiş kereste-terimler ve karakteristikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
31. **TS 2471 (1976).** Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
32. **TS 2472 (1976).** Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
33. **TS 2474 (1976).** Odunda statik eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
34. **TS 2478 (1976).** Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
35. **YILDIZ, E. (1999).** Su Bazlı Boya ve Kaplamalar Beklentiler ve Su Bazlı Poliüretan Bağlayıcı Sistemleri. Tübitak.

36. **Tuong, VM. M(2010)**. Li J., Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of acacia hybrid wood, *BioResources* 5(2), 1257-1267.
37. **Atar, M., Yalınkılıç, A.C., ve Keskin H. (2019)**. “Isıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 22(2), 407-413.
38. **Kart, Ş., Baysal, E., Altay, Ç., Toker, H., Türkoğlu, T., Cibo, C. (2018)**, “Isıl İşlem Uygulanan ve Verniklenen Odunun Doğal Yaşlandırma İşleminde Sonra Renk Kararlılığının Belirlenmesi” , *Mesleki Bilimler Dergisi*, MBD 2018, 7 (2): 142 – 152.
39. **Türkoğlu, T., Kabasakal, Y., Baysal, E., Gündüz, A., Küçüktüvek, M., Bayraktar, D.K., Toker, H., Peker, H. (2017)**. Surface Characteristics of Heated and Varnished Oriental Beech After Accelerated Weathering, *Wood Research*, 62(6): 961-972.
40. **Ayata, Ü. (2014)**. Isıl İşlem Görmüş (Thermowood) Bazı Ağaç Türlerinde Kullanılan Su-Bazlı Vernik Katmanlarının Hızlandırılmış Uv Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce.