



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Isıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi

Impact of heat treatment on the exchange of color in varnished wood materials

Yazar(lar) (Author(s)): Musa ATAR¹, A. Cihangir YALINKILIÇ², Hakan KESKİN³

ORCID¹: 0000-0002-3944-5512

ORCID²: 0000 0003 44426234

ORCID³: 0000-0001-8753-055

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Atar M., Yalınkılıç A.C., ve Keskin H., “Isıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 22(2): 407-413, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.404008

Isıl İşlemin Vernikli Ağaç Malzemede Renk Değişimine Etkisi

Araştırma Makalesi / Research Article

Musa ATAR^{1*}, A. Cihangir YALINKILIÇ², Hakan KESKİN¹

¹Department of Wood Products Industrial Engineering, Faculty of Technology, Gazi University, Ankara - Turkey

²Department of Industrial Design Engineering, Simav Faculty of Technology, Dumlupınar University, Simav - Turkey

(Geliş/Received : 01.02.2018; Kabul/Accepted : 22.02.2018)

ÖZ

Bu çalışmada, ısıl işlemin vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi araştırılmıştır. Bu maksatla; Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble.), Kara Kavak (*Populus nigra* Lipsky), Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odunlarından TS 2470 ve TS 53'e göre hazırlanan örnekler 165°C ve 175°C sıcaklık, 2 ve 4 saat süre ile toplam 4 varyasyonda sıcaklığı $\pm 1^\circ\text{C}$ duyarlılıkta kontrol edebilen ısıl işlem fırınında normal atmosfer ortamında bırakılmıştır. Üstyüzey işlemi için örnekler, ASTM D 3023'e göre sentetik, parke ve su bazlı verniklerle kaplandıktan sonra vernikli yüzeylerde ASTM D 2244-02'e göre renk değişimi tespit edilmiştir. Sonuç olarak; toplam renk değişimi ağaç türü-ısıl işlem-vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/2 °C/Saat ısıl işlemlili kavakta (60,96), en düşük su bazlı vernik uygulanmış 165/2 °C/Saat ısıl işlemlili sarıçamda (10,95) elde edilmiştir. Buna göre, renk değişimi olmasının istenmediği veya en az istendiği mobilya ve dekorasyon uygulamalarında toplam renk değişimi değeri en düşük olan su bazlı vernikli ve 165/2 °C/Saat ısıl işlemlili sarıçam ağaç malzemenin kullanılması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, vernik, ağaç malzeme, renk değişimi.

Impact of Heat Treatment on the Exchange of Color in Varnished Wood Materials

ABSTRACT

This study investigated the effect of heat treatment discoloration of varnished wood materials. In this purpose; samples of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky), Oak (*Quercus petraea* Lieble.), Black Poplar (*Populus nigra* Lipsky), Scots Pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) and Uludağ Fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) prepared in accordance with TS 2470 and TS 53, were left in the heat-treatment oven under normal atmosphere with temperatures of 165°C, 175°C, for periods of 2, 4 hours with $\pm 1^\circ\text{C}$ temperature sensitivity in a total of 4 variations. For the surface processes, the samples were coated with synthetic, parquet and water-based varnishes in accordance with ASTM-D 3023 and color alteration according to ASTM D 2244-02 was determined. According to the results of the study; At the level of interaction between the type of wood, type of heat-treatment and type of varnish; the highest value of total color alteration was obtained from the poplar (60.96) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 175/2 (°C/Hours), the lowest value was obtained from the pine (10.95) which was varnished with water-based varnish and heat-treated with 165/2 (°C/Hours). Accordingly, the color change is desired or required furniture and decoration applications at the lowest total color change the value of water-based varnish, and the use of heat-treated pine wood were suggested.

Keywords: Heat treatment, varnish, wood materials, colour change.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Odunun olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve olumlu özelliklerinin daha ileri derecelere yükseltilmesi amacıyla yönelik olarak birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda "Odunun Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir [1]. Odun modifikasyonu yöntemleri, kimyasal modifikasyon, fiziksel modifikasyon, termal modifikasyon ve enzimatik modifikasyon olarak gruplandırılabilir [2].

Odunun ısıl işleme tabi tutulması onun kimyasal kompozisyonunu değiştirmekte ve dolayısıyla odun termal modifikasyonu yöntemi olarak adlandırılmak-

tadır. Odun termal modifikasyonu yöntemi olarak ele alındığında, odunun 100-250°C'ler arasında, normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi ısıl işlem olarak anlaşılmaktadır [1].

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılığında artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : musaatar@gazi.edu.tr

sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişimler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıl işlem uygulaması empenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir [3-4-5].

150°C ve üstündeki sıcaklıklarda muamelelerle odunun renginin değiştiği gözlemlenmiş ve buna bağlı olarak ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin kullanım yerlerinin kısıtlandığı bildirilmiştir [6].

Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun renk değişimi üzerinde yüksek sıcaklığın etkisi incelenmiş ve odun renginin koyulaştığı, ısıtma zamanı ve sıcaklığının, renk değişimi üzerinde nispi nemden daha önemli olduğu bildirilmiştir [7]. Limba, İroko, Dişbudak ve Anadolu kestanesi odunlarının renk özelliklerine farklı ısıl işlem ve vernik kombinasyonu uygulamalarının etkileri incelenmiştir. 150 ve 180°C sıcaklık ve 3-6 saat ısıl işleme tabii tutulan ağaç malzemeler; selülozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernikle kaplandıktan sonra renk ölçümü yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, ısıl işlemlili tüm ağaç malzemelerde rengin etkilendiği bildirilmiştir [8]. Sarıçam ve Ladin odunları 4 saat süreyle 220°C'de ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Örnekler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda 2 yıl süreyle örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişiminin olmadığı, ısıl işlem ile modifiye edilmiş örneklerin bakır içerikli koruyucularla muamele edilmiş örneklere göre daha iyi bir performans gösterdiği bildirilmiştir [9].

Bazı Japon iğne yapraklı ağaçlar 75±5°C'de 100 ve 200 saat dumanla ısıl işleme tabii tutularak etkileri incelenmiştir. 100 saat dumanla ısıtılan örnekler ile kontrol örnekleri arasında diri odun rengi bakımından hiçbir farklılık olmadığı, toplam renk değişiminde (ΔE^*) derinlerde renk değişimi olduğu, bu sonuçların 100 saat üzerinde hemiselülözün termal bozunumu nedeniyle olduğu bildirilmiştir [10].

Huş ağacının (175, 200°C) sıcaklıklarda (1, 3 ve 10 saat) muamele edilerek renk değişimlerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Örneklerin renk homojenliği ölçüldüğünde ısıl işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığı bildirilmiştir [11].

Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun renginde ısıl işlemin etkisi incelenmiştir. 160 ve 180°C sıcaklık ile 2, 4 ve 6 saatlik sürelerde ısıl işleme tabii tutulan Ahlat odununun %50, 65, 85 bağıl nem ortamlarında renk değişiminde iyileşme olduğu bildirilmiştir [12].

Sarıçam odunu (150, 170 ve 190°C) sıcaklıklarda (4, 6 ve 8 saat) süreyle ısıl işleme tabii tutulmuştur ve numuneler üzerinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerleri belirlenmiştir. Isıl işlemin sarıçam odunu renginde koyulaşmaya neden olduğu, sıcaklık ve süresinin artmasıyla toplam renk değişimi değerinde arttığı

belirtilmiştir [13]. Okaliptus odununun rengine ısıl işlemin etkisi belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ısıl işlem ile odun örneklerinin renklerinin koyulaştığı bildirilmiştir [14].

Bu çalışmada, ısıl işlem uygulanmış bazı geniş ve iğne yapraklı ağaç malzemeler sentetik, parke ve su bazlı verniklerle kaplanarak, ısıl işlemin vernikli ağaç malzeme renk değişimine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD (MATERIALS and METHOD)

2.1. Ağaç Malzeme (Wood Material)

Ülkemizde ağaçları endüstrisinde yaygın kullanılan geniş yapraklı ağaçlardan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve kara kavak (*Populus nigra* Lipsky) ile iğne yapraklı ağaçlardan sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ağaç malzemeler, piyasadan tesadüfî metodla temin edilmiştir.

2.2. Vernikler (Varnishes)

Deney örneklerinin verniklenmesinde sentetik, alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği (parke verniği) ve su bazlı dolgu ile son kat ahşap vernikleri kullanılmıştır. Örneklerin verniklenmesinde, sentetik tiner ve su karışım oranları için üretici firmaların önerilerine uyulmuştur.

2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması (Preparation of Experimental Examples)

Örnekler, tesadüfî seçilen 1. sınıf ağaç malzemedenden, düzgün lifli, ardaksız, budaksız, çatlaksız, renk ve yoğunluk farkı olmayan, yıllık halkaları yüzeylere dik gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından TS 53 ve TS 2470 esaslarına göre hazırlanmıştır [15-16].

Renk ölçümü için hazırlanan örnekler önce 540x110x12 mm'lik latalara kesilmiştir. Daha sonra ısıl işlem uygulaması için deney örnekleri denge rutubetinin hava kuru hale gelmesi sağlanmıştır. Isıl işlemin ardından denge rutubetine getirilen latalardan 100x100x10 mm ölçülerinde deney örnekleri kesilerek, ilk ısıtmadan sonra 80 ve 100 kum zımpara ile zımparalandıktan sonra son ısıtmanın ardından 120 kum zımpara ile perdah işlemleri yapılmıştır. Perdahlanmış örnek yüzeyleri yumuşak kılı bir fırça ve vakum kullanılarak tozdan arındırılıp verniklemeye hazır hale getirilmiştir. Ağaç türü (5), vernik çeşidi (3), ısıl işlem varyasyon sayısı (4+Kontrol) ve örnek adedi (10) dikkate alındığında toplamda 750 adet deney numunesi hazırlanmıştır.

Isıl işlem uygulaması, hava kuru haledeki ağaç malzemelere sıcak su buharı koruması altında (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 1 barlık 100 °C±3'de su buharı püskürtme), sıcaklığı ±0,1°C duyarlılıkta kontrol edebilen ısıl işlem fırınında normal atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla her bir ağaç ve vernik çeşidi için örnekler ayrı ayrı ısıl işleme tabii tutulmuştur. Toleranslı deney parçaları fırın içerisine buharın akış yönüne dik olarak yerleştirilmiş ve katman aralarına aynı

ağaç türünden masif çitalar konulmuştur. Fırın çalıştırılırken ve çalışma esnası boyunca içerisine belirli aralıklarla (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 1 barlık) $100^{\circ}\text{C}\pm 3'$ 'de su buharı verilerek ağaç malzemenin hem ani kuruması ile karşı karşıya kalacağı iç ve yüzey çatlakları engellenmiş hem de fırın içerisindeki oksijen bertaraf edilerek ağaç malzemenin yanması engellenmiştir. Toplam ısı işlem uygulaması kesintisiz olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiş olup ilk aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı 6 saat süre ile 100°C 'ye ve ardından 12 saat süre ile 130°C 'ye kademeli olarak yükseltilmiştir. Ahşaptaki nem içeriği yaklaşık sıfıra düşürülüp yüksek sıcaklık kurutması oluştuktan sonra ikinci aşamada 130°C 'den 165 ve 175°C 'ye 6 saatte yükseltilmiş ve bu sıcaklıklarda 2 ile 4 saat süre ile bekletilmişlerdir. Üçüncü aşamada, su spreyi sistemi kullanılarak ahşabın ısı düşürülmüş ve ahşabın nemi %4-6'ya ulaşmaya kadar devam edilmiştir. Bu kondüsyonlama (uygun duruma getirme) aşaması 12 saat sürmüştür. Daha sonra fırından çıkarılan malzemeler net ölçülerine getirilerek hava kurusu rutubete gelmeleri için laboratuvar ortamında bekletilmişlerdir.

Isıl işlem uygulaması sert ağaçlardan kayın, meşe ve kavak odunları ile yumuşak ağaçlardan sarıçam ve göknar odunları için iki ayrı sıcaklık ve iki ayrı süre kombinasyonu ile toplam 4 varyasyonda Çizelge 1' de özetlendiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Isıl işlem uygulanan ağaç türü, sıcaklık, süre ve varyasyonları (Heat treated woodspecies, temperature, duration and variations)

A	Süre (Saat) / (Varyasyon)									
	Kayın		Meşe		Kavak		Sarıçam		Göknar	
165	2/1	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2	2/1	4/2
175	2/3	4/4	2/3	4/4	2/3	4/4	2/3	4/4	2/3	4/4

A: Ağaç Türü, S: Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

Örneklerin verniklenmesi ASTM D 3023 esaslarına ve üretici firmaların önerilerine göre sanayi uygulaması şeklinde yapılmıştır [17]. Vernikler deney örneklerine orta sertlikteki fırça ile uygulanmıştır. Vernik miktarı, üretici firmaların uygulanması gereken vernik miktarı önerilerine uyularak 0,01 duyarlıklı analitik terazi ile tartularak belirlenmiştir. Sentetik vernik, perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda m^2 'ye 120 gr prensibine göre ve her katta %10 sentetik tiner katılarak uygulama yapılmıştır. Birinci kat sürüldükten 24 saat sonra 400 nolu zımpara yapılarak ikinci katın uygulaması yapılmış ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır.

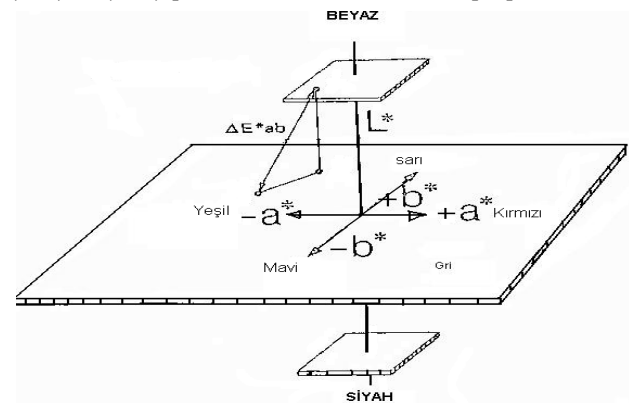
Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği (parke verniği), perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda m^2 'ye 120 gr prensibine göre ve birinci katta %10 sentetik tiner katılarak sürüldükten 24 saat sonra 400 nolu zımpara yapılarak ikinci katın uygulaması ambalaj viskozitesinde yapılmıştır ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır.

Su bazlı vernik uygulaması, perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda dolgu verniğinde m^2 'ye 140 gr prensibine göre ve her katta %5 su katılarak sürüldükten 3-4 saat sonra 220 nolu zımpara yapılarak ikinci dolgu katının uygulaması yapılmış ve 3-4 saat kuruduktan sonra 400 nolu zımpara yapılarak son kata hazır hale getirilmiştir. Son kat uygulaması da üretici firma önerileri doğrultusunda m^2 'ye 130 gr vernik gelecek şekilde ve her katta %5 su katılarak, katlar arasında 600 nolu zımpara yapılarak 2 kat olarak sürülmüş ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra deneylerden önce ASTM D 3924 esaslarına göre $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve % 50 ± 5 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 16 saat süre ile bekletilmiştir [18].

2.4. Renk Ölçümü (Color Measurement)

Renk ölçümleri, ASTM D 2244'de belirtilen esaslara göre MİNOLTA CR-231 renk ölçme cihazı ile yapılmıştır [19]. Cihazın renk ölçüm başlığı 45° lik aydınlatmayı ve 0° lik açı geometrisini kullanır. Ölçme başlığı parlak yüzeyler için uygundur. Ancak aşırı parlak yüzeyler ölçmede hatalara neden olabilir. Çünkü ışığın çoğu 45° lik açı ile yansıtılacak ve böylece optik fiber kabloya girmeyecektir [20]. 1976 yılında Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)) tarafından CIELAB renk aralığı tanımlanmıştır. Bu sistemde renk, 3 boyut içinde bir nokta olarak temsil edilmektedir [21].

CIE $L^*a^*b^*$ 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 yer almaktadır [22]. Şekil 1'de gösterilen renk alanında L^* koordinatı dikey eksen (y), a^* koordinatı yatay (x) eksenini ve b^* koordinatı da (z) eksenini oluşturmaktadır. CIEL* a* b* renk sisteminde, iki renk arasındaki farkı hesaplamak için; $[\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}]$ formülü kullanılmaktadır [21].



Şekil 1. CIE $L^*a^*b^*$ renk alanı (color space)

ΔE^* 'nin düşük değerinde olması, rengin değişmediği ya da çok az değişim olduğunu göstermektedir [22].

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi (Evaluation of Data)

Renk farklılığına ilişkin değerlere, varyans analizi uygulanarak; denenen faktörlerin; ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidinin önemli olup olmadığı ortaya konulmuştur. Etkisi önemli bulunan faktör ve faktör etkileşimlerine Duncan testi uygulanarak homojen gruplar tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, MSTAT-C istatistik programı kullanılarak ve %95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiş ve bunlar arasındaki istatistiksel farklılık varyans analizi ile ortaya konulmuştur.

3. BULGULAR (RESULTS)

3.1. Toplam Renk Değişimi (Total Color Change)

Isıl işlem çeşidinin vernikli toplam renk değişimine (ΔE^*) etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen ısı işlemsiz ve işlemlilerle değerleri ile bunların farklarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Vernikli toplam renk değişimi (ΔE^*) ısı işlemsiz ve işlemlilerle ölçümleri ile bunların farklarına ilişkin ortalama değerler (The varnish total color change (ΔE^*) is calculated from the values of the non-heat treated and processed measurements and their differences)

Ağaç Türü	Vernik Çeşidi	Isıl İşlem Çeşidi (°C / Saat)								
		İşz	165/2 (1)	Fark	165/4 (2)	Fark	175/2 (3)	Fark	175/4 (4)	Fark
Kayın	sb	10.23	21.39	11.16	15.52	5.29	12.41	2.18	15.42	5.19
	sn	33.31	54.83	21.52	48.65	15.34	49.60	16.29	53.14	19.83
	p	22.86	35.71	12.85	30.04	7.18	30.80	7.94	33.00	10.14
Meşe	sb	26.74	26.89	0.15	25.09	-1.65	35.63	8.89	33.85	7.11
	sn	33.04	47.86	14.82	49.49	16.45	51.66	18.62	53.15	20.11
	p	24.19	30.86	6.67	32.06	7.87	35.29	11.1	36.28	12.09
Kavak	sb	11.84	21.01	9.17	25.56	13.72	34.75	22.91	31.08	19.24
	sn	36.21	51.18	14.97	57.71	21.5	60.96	24.75	58.97	22.76
	p	18.48	36.91	18.43	35.86	17.38	40.72	22.24	43.08	24.6
Çam	sb	16.96	10.95	-6.01	14.83	-2.13	14.81	-2.15	12.78	-4.18
	sn	36.88	36.65	-0.23	37.36	0.48	37.78	0.9	35.82	-1.06
	p	24.20	18.41	-5.79	21.65	-2.55	22.78	-1.42	21.30	-2.9
Göknar	sb	12.65	17.10	4.45	18.50	5.85	17.50	4.85	18.45	5.8
	sn	32.77	29.28	-3.49	32.57	-0.2	33.46	0.69	31.42	-1.35
	p	21.54	20.41	-1.13	24.89	3.35	22.58	1.04	23.71	2.17

sb: Su bazlı vernik sn: Sentetik vernik p: Parke verniği
İşz: Isıl işlemsiz (ΔE^*) Fark: Eksi (-) değerler azalma ifade etmektedir.

Ortalama değerler bakımından toplam renk değişimi değeri en yüksek sentetik vernikli 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem uygulanan kavakta (60.96), en düşük su bazlı vernikli 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem uygulanan sarıçamda (10.95) çıkmıştır.

Toplam renk değişimi değerleri ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidine göre farklı bulunmuştur. Farklılıkların

kaynağını belirlemek üzere ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidinin toplam renk değişimine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi yapılarak sonuçları Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidinin toplam renk değişimine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi (Multivariate analysis of the effect of wood type, heat treatment and varnish type on total color change)

Faktör	SD	Kareler Toplamı	KO	F Değeri	P $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü (A)	4	25123.04	6280.76	426.34	0.0000*
Isıl İşlem (B)	4	8726.85	2181.71	148.095	0.0000*
Etkileşim (AB)	16	9601.96	600.123	40.7366	0.0000*
Vernik (C)	2	69637.42	34818.7	2363.50	0.0000*
Etkileşim (AC)	8	6117.63	764.705	51.9085	0.0000*
Etkileşim (BC)	8	725.945	90.743	6.1597	0.0000*
Etkileşim (ABC)	32	1833.19	57.287	3.8887	0.0000*
Hata	675	9943.95	14.732		
Toplam	749	131710			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı, SD : Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Buna göre, ağaç türü, ısı işlem çeşidi, vernik çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0.05$). Toplam renk değişimine ilişkin ortalama değerler ağaç türü, ısı işlem çeşidi ve vernik çeşidine göre Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Ağaç türü, ısı işlem ve vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (Total color change according to wood type, heat treatment and varnish)

Ağaç türü	\bar{X}	HG*
Kayın (K)	31.13	C
Meşe (M)	36.14	B
Kavak (Kv)	37.62	A
Sarıçam (S)	24.21	D
Gökmar (G)	23.79	D
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	\bar{X}	HG*
İşz	24.13	C
165 / 2 (1)	30.63	B
165 / 4 (2)	31.32	B
175 / 2 (3)	33.38	A
175 / 4 (4)	33.43	A
Vernik çeşidi	\bar{X}	HG**
Sentetik vernik (sn)	43.35	A
Parke verniği (p)	28.30	B
Su bazlı vernik (sb)	20.08	C

*:LSD= ±0.8701 **:LSD= ±0.6739, HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz

Toplam renk değişimi; en yüksek kavakta (37.62), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısı işlem varyasyonunda (33.43) ve sentetik vernikte (43.35), en düşük göknarda (23.79), 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonunda (30.63) ve su bazlı vernikte (20.08) tespit edilmiştir. Sarıçam ile göknarda yaklaşık eşit çıkmıştır. Aynı sıcaklıkta farklı sürelerdeki ısı işlem sonuçları yaklaşık eşit çıkmıştır. Isıl işlemsiz örnekler için ısı işlem uygulamasının toplam renk değişimini arttırdığı söylenebilir. Toplam renk değişimine ilişkin ortalama değerler ağaç türü-ısı işlem çeşidine göre Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Ağaç türü-ısı işlem çeşidine göre toplam renk değişimi (Total color change according to type of wood-heat treatment cement)

Ağaç Türü	İşz		165 / 2 (1)		165 / 4 (2)		175 / 2 (3)		175 / 4 (4)	
	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
Kavak (Kv)	22.17	I	36.37	C	39.7	B	45.4	A*	44.3	A
Meşe (M)	27.99	F	35.20	CD	35.5	CD	40.8	B	41.0	B
Kayın (K)	22.13	I	37.31	C	31.4	E	30.9	E	33.8	D
Gökmar (G)	22.32	I	22.26	I	25.3	GH	24.5	GH	24.5	GH
Sarıçam (S)	26.01	G	22.00	I**	24.6	GH	25.1	GH	23.3	HI

LSD : ± 1,946, * : En yüksek (AE*) ** : En düşük (AE*)

Ağaç türü-ısı işlem çeşidine göre kavak odununda toplam renk değişimini 36.37 değeri ile en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yaparken, en yüksek 45.48 değeri ile 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yapmıştır. Meşe odununda toplam renk değişimini 35.20 değeri ile en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yaparken, en yüksek 41.09 değeri ile 175°C sıcaklıkta 4 saat ısı işlem varyasyonu yapmıştır. Kayın odununda toplam renk değişimini 30.94 değeri ile en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yaparken, en yüksek 37.31 değeri ile 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yapmıştır. Gökmar odununda toplam renk değişimini 22.26 değeri ile en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yaparken, en yüksek 25.32 değeri ile 165°C sıcaklıkta 4 saat ısı işlem varyasyonu yapmıştır. Sarıçam odununda toplam renk değişimini 22.00 değeri ile en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yaparken, en

yüksek 25.12 değeri ile 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem varyasyonu yapmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek toplam renk değişimi 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlemli kavakta, en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlemli sarıçamda bulunmuştur. Isıl işlemsiz örnekler için ısı işlem uygulamasının toplam renk değişimini sarıçamda azalttığı, diğer ağaçlarda arttırdığı söylenebilir. Toplam renk değişimine ilişkin ortalama değerler ağaç türü-vernik çeşidine göre Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağaç türü-vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (Total color change according to type of wood-varnish)

Ağaç Türü	Su bazlı vernik (sb)		Sentetik vernik (sn)		Parke verniği (p)	
	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
Kavak (Kv)	24.85	G	53.0	A*	35.0	D
Meşe (M)	29.64	F	47.0	B	31.7	E
Kayın (K)	14.99	J	47.9	B	30.4	EF
Sarıçam (S)	14.06	J**	36.8	C	21.6	H
Gökmar (G)	16.84	I	31.9	E	22.6	H

LSD : ± 1,507, * : En yüksek (AE*) ** : En düşük (AE*)

Ağaç türü-vernik çeşidine göre, her beş ağaç türünde su bazlı vernik en düşük toplam renk değişimi yaparken, sentetik vernik ise en yüksek değeri yapmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek toplam renk değişimi sentetik vernikli kavakta (53.01), en düşük su bazlı vernikli sarıçamda (14.06) bulunmuştur. Tüm ağaçlar için toplam renk değişimi sıralamasının büyükten küçüğe doğru sentetik, parke ve su bazlı vernik olduğu söylenebilir. Toplam renk değişimine ilişkin ortalama değerler ısı işlem-vernik çeşidine göre Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Isıl işlem-vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (Total color change according to heat treatment-varnish cement)

Isıl İşlem Çeşidi (°C/Saat)	Su bazlı vernik (sb)		Sentetik vernik (sn)		Parke verniği (p)	
	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG	\bar{X}	HG
İşz	15.6	H	34.4	C	22.2	F
165 / 2 (1)	19.4	G**	43.9	B	28.4	E
165 / 4 (2)	19.9	G	45.1	AB	28.9	E
175 / 2 (3)	23.0	F	46.6	A*	30.4	D
175 / 4 (4)	22.3	F	46.5	A	31.4	D

LSD : ± 1,507, * : En yüksek (AE*) ** : En düşük (AE*)

Isıl işlem-vernik çeşidine göre, hem ısı işlemsizde hemde her 4 ısı işlem varyasyonunda su bazlı vernik en düşük toplam renk değişimi yaparken, sentetik vernik ise en yüksek değeri yapmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek toplam renk değişimi 175°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem uygulanmış sentetik vernikli örneklerde (46.69), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısı işlem uygulanmış su bazlı vernikli örneklerde (19.47) bulunmuştur. Isıl işlemsiz örnekler için ısı işlem uygulamasının toplam renk değişimi değerini arttırdığı, hem ısı işlemsizde hemde ısı işlem varyasyonlarında toplam renk değişimi sıralamasının büyükten küçüğe doğru sentetik, parke ve su bazlı vernik olduğu söylenebilir. Ağaç türü-ısı işlem-vernik çeşidinin toplam renk değişimine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Ağaç türü-ısıll işlem-vernük çeşidinin toplam renk değişimine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları (Duncan test results on the effect of wood-heat-treatment-lacquer type on total color change)

İşlem çeşidi	\bar{X}	HG	İşlem çeşidi	\bar{X}	HG	İşlem çeşidi	\bar{X}	HG
Kv3sn	60.96	A*	M3p	35.29	HJKLM	S3p	22.78	STUV
Kv4sn	58.97	A	Kv3sb	34.75	HJKLMN	G3p	22.58	TUV
Kv2sn	57.71	AB	M4sb	33.85	HJKLMN	S2p	21.65	TUVW
K1sn	54.83	BC	G3sn	33.46	IJKLMNO	Gp	21.54	TUVW
M4sn	53.15	CD	Ksn	33.31	IJKLMNO	K1sb	21.38	UVWX
K4sn	53.14	CD	Msn	33.04	JKLMNOP	S4p	21.30	UVWX
M3sn	51.66	CDE	K4p	33.00	JKLMNOP	Kv1sb	21.01	UVWXY
Kv1sn	51.18	CDE	Gsn	32.77	JKLMNOP	G1p	20.41	VWXYZ
K3sn	49.60	DE	G2sn	32.57	KLMNOP	G2sb	18.50	WXYZa
M2sn	49.49	DE	M2p	32.06	LMNOP	Kvp	18.48	WXYZa
K2sn	48.65	E	G4sn	31.42	MNOP	G4sb	18.45	WXYZa
M1sn	47.85	E	Kv4sb	31.08	NOP	S1p	18.41	WXYZa
Kv4p	43.08	F	M1p	30.86	NOP	G3sb	17.50	XYZa
Kv3p	40.72	FG	K3p	30.80	NOP	G1sb	17.10	YZa
S3sn	37.77	GH	K2p	30.04	OPQ	Ssb	16.96	Za
S2sn	37.36	GHI	G1sn	29.28	PQ	K2sb	15.52	b
Kv1p	36.91	HIJ	M1sb	26.89	QR	K4sb	15.42	b
Ssn	36.88	HIJ	Msb	26.74	QRS	S2sb	14.83	c
K1sn	36.64	HIJK	Kv2sb	25.56	RST	S3sb	14.81	c
M4p	36.28	HIJK	M2sb	25.09	RSTU	S4sb	12.78	d
Kvsn	36.21	HIJK	G2p	24.89	RSTU	Gsb	12.65	d
Kv2p	35.86	HIJKL	Sp	24.20	RSTUV	K3sb	12.41	d
S4sn	35.82	HIJKL	Mp	24.19	RSTUV	Kvsb	11.84	e
K1p	35.71	HIJKL	G4p	23.71	RSTUV	S1sb	10.95	g**
M3sb	35.63	HIJKL	Kp	22.86	STUV	Ksb	10.23	f

LSD : ± 3.370, *: En yüksek (AE*) **: En düşük (AE*)

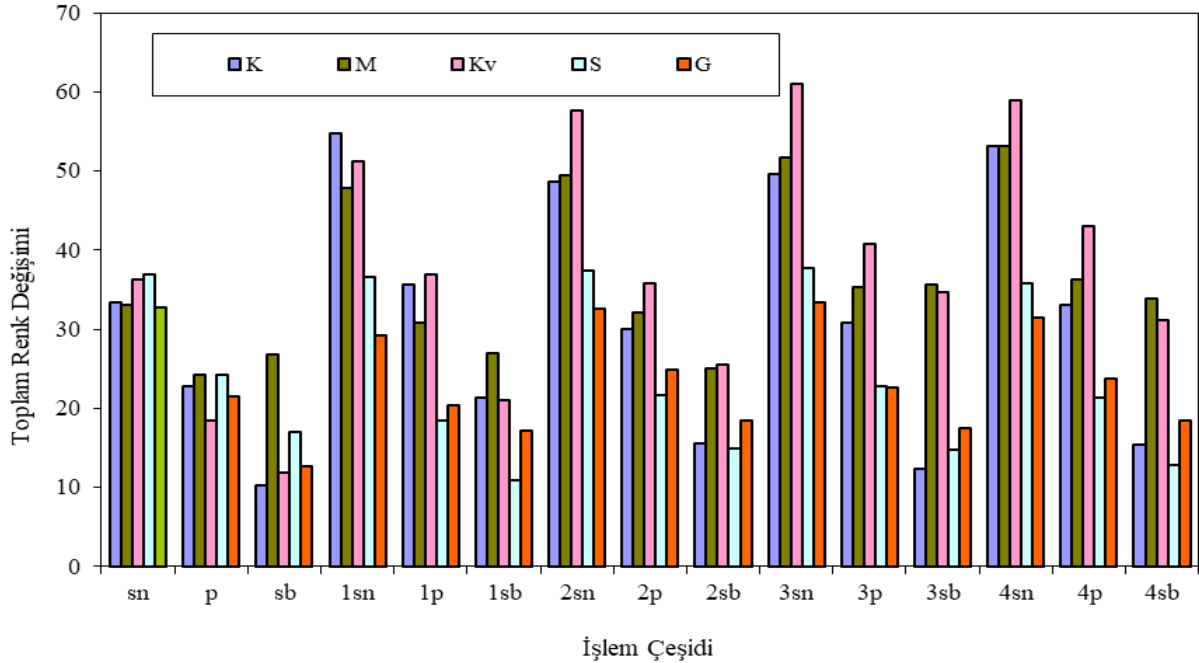
En yüksek toplam renk değişimi 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanmış sentetik vernikli kavakta (60.96) görülürken, en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanmış su bazlı vernikli sarıçamda (10.95) bulunmuştur. Ağaç türü-ısıll işlem-vernük çeşidine göre toplam renk değişimleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Isıll işlem çeşidine göre toplam renk değişimi ısıll işlemsiz örneklere göre en yüksek 175/4 (°C/Saat)’de (%38.5), en düşük 165/2 (°C/Saat)’de (%26.9) artmıştır. Isıll işlem uygulaması toplam renk değişiminin artmasına sebep olmuştur. Sıcaklık artışı toplam renk değişiminin artmasına sebep olurken, aynı sıcaklıkta süre arttıkça toplam renk değişimi (ΔE^*) matematiksel olarak artmış, bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Vernük çeşidine göre, toplam renk değişimi en yüksek sentetik vernikte (43.35), en düşük su bazlı vernikte (20.08) elde edilmiştir. Su bazlı vernüklerin, beş ağaç türünde, tüm ısıll işlem varyasyonlarında ve ısıll işlemsiz örneklerde diğer vernüklere göre daha az renk değiştirici etki yaptığı belirlenmiştir. Literatürde toplam renk değişimi değerinin (ΔE^*) düşük değerde olması rengin değişmediği ya da çok az değiştii anlamına gelmektedir [22].

Ağaç türü-ısıll işlem-vernük çeşidine göre en düşük toplam renk değişimi 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanmış su bazlı vernikli sarıçamda (10.95) bulunmuştur. Sarıçamın en az değişim göstermesi açık renkli olduğundan, odununun sararma eğilimine açık olmasından kaynaklanabilir.

Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve vernüklerin kullanımına bağlı olarak en düşük toplam renk değişimi (ΔE^*) için



Şekil 2. Ağaç türü-ısıll işlem-vernük çeşidine göre toplam renk değişimleri (Total color change by heat treatment-wood-type varieties)

Çizelge 9. En düşük toplam renk değişimi (ΔE^*) için uygulanabilir ısı işlemler (Applicable heat treatments for lowest total color change (ΔE^*))

Vernik	Ağaç türü				
	KAYIN	MEŞE	KAVAK	SARIÇAM	GÖKNAR
Su bazlı vernik (sb)	175/2 (3)	165/4 (2)	65/2 (1)	165/2 (1)	165/2 (1)
Sentetik vernik (sn)	165/4 (2)	165/2 (1)	65/2 (1)	175/4 (4)	165/2 (1)
Parke verniği (p)	165/4 (2)	165/2 (1)	65/4 (2)	165/2 (1)	165/2 (1)

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

2013-024 numaralı projeye vermiş oldukları destekten dolayı Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Korkut S., Korkut D.S., Bekar İ., “Okalıptüs (Eucalyptus camaldulensis Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi”, *I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu*, 209-214, Tarsus (2008).
- [2] Tomak E.D., Yıldız Ü.C., “Odunun Kimyasal Modifikasyonu”, *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Artvin, 4:1681-1690 (2010).
- [3] Wikberg H., “Advanced Solid State NMR Spectroscopic Techniques in the Study of Thermally Modified Wood”, *Academic Dissertation*, University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki-Finland (2004).
- [4] Enjily V., Jones D., “The potential for modified materials in the panel products industry”, *Wood Resources and Panel Properties Conference*, COST Action E44/E49, Valencia, Spain, 12-14 June, (2006).
- [5] Korkut S., Kocaefe D., “Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi”, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2): 11-34 (2009).
- [6] Aydemir D., Gündüz G., “Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 71-81, ISSN: 1302-0943 (2009).
- [7] Bekhta P., Niemi P., “Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood”, *Holzforchung*, 57 (5): 539-546 (2003).
- [8] Çakıcıer N., Korkut S., Güler F.D., “Effects of heating treatment on some of the physical properties of varnish layers applied on various wood species”, *African Journal of Biotechnology*, 10(9): 1578-1585 (2011).
- [9] Edlund M.L., Jermer J., “Durability Of Heat-Treated Wood”, *Final Workshop COST Action E22 - Environmental Optimisation of Wood Protection*, Lisboa-Portugal (2004).
- [10] Ishiguri F., Masubuchi N., Yokota S., Yoshizawa N., “Changes in the physical and chemical properties of six Japanese softwoods caused by lengthy smoke - heating treatment”, *Journal of Wood Science*, 51: 161-166 (2005).
- [11] Johansson D., Mor'en T., “The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, (64): 104-110 (2006).
- [12] Karakaş G., “Ahlat (Pyrus elaeagnifolia Pall.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi”, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Bartın (2008).
- [13] Özçifçi A., Altun S., Yapıcı F., “Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye (2009).
- [14] Unsal O., Korkut S., Atik A., “The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour in Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis Dehn.) Wood”, *Maderas Ciencia y tecnologia*, 5(2): 145-152 (2003).
- [15] TS 53, “Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metotları”, *T.S.E.*, Ankara, 1-5 (1981).
- [16] TS 2470, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyle İlgili Numune Alma Metotları ve Genel Özellikleri”, *T.S.E.*, Ankara, 1-5 (1976).
- [17] ASTM D 3023, “Standard practice for determination of resistance of factory - applied coatings on wood products to stains and reagents”, *ASTM Standards*, 1-3 (1998).
- [18] ASTM D 3924, “Standard Specification for Standart Environment for Conditioning and Testing Point Varnish, Lacquer and Related Materials”, *ASTM Standards*, USA, (1991).
- [19] ASTM D 2244, “Standard Practice for Calculation or Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates”, *ASTM Standards*, A.B.D., 1-13 (2007).
- [20] Anonim, “Minolta CR-231 Chromometer, ver 3.0.”, *Cihaz Kullanma Klavuzu*, Ankara (2000).
- [21] Çağlar A., Yamanel K., “Diş renginin belirlenmesinde kullanılan yöntemler”, *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 2(1): 49-54 (2007).
- [22] Söğütü C., Sönmez A., “Değişik Koruyucular ile İşlem Görmüş Bazı Yerli Ağaçlarda UV Işıklarının Renk Değiştirici Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Dergisi*, 21(1): 151-159 (2006).