



Araştırma Makalesi

Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Odununda Balmumu Uygulaması Üzerine Bir Çalışma

Şerif Kaplan¹, Osman Çamlıbel², Elif Hümeyra Bilginer³ ve Ümit Ayata^{4*}

¹ Bayburt Toplum Sağlığı Merkezi, Bayburt / Türkiye

² KTO Karatay Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya / Türkiye

³ Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt / Türkiye

⁴ Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı Programı, Kırıkkale / Türkiye

* Sorumlu yazar: umitayata@yandex.com

Öz: Bu çalışmada, Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) odununda balmumu uygulamasının yapılması sonrasındaki renk, beyazlık indeksi (WI^*) (lifler dik ve paralel yönlerde) ve parlaklık özellikleri (lifler dik ve paralel yönlerde ve 20, 60 ve 85 derecelerde) belirlenmiştir. Bir kontrol grubu oluşturularak kat uygulamasına sahip örneklerle sonuçlar kıyaslanmıştır. Bütün kat uygulamaları ile L^* , b^* ve C^* değerlerinde azalışlar belirlenmiştir. 60 ve 85 derecelerde en düşük sonuçlar balmumu uygulanmamış örneklerde bulunmuştur. Buna ek olarak, balmumu uygulamaları ile artışlar elde edilmiştir. WI^* değerleri her iki yönde de elde edilen sonuçlar balmumu uygulamasına ait kat sayısının artmasıyla azalmıştır. ΔE^* değerleri 1 kat uygulama ile 5.86, 2 kat uygulama ile 9.01 ve 3 kat uygulama ile 9.22 olarak hesaplanmıştır. ΔE^* değerleri 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak; 3 kat uygulamaya gerek duyulmadığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Ebony Macassar; renk; *Diospyros celebica* Bakh; parlaklık; balmumu; beyazlık indeksi

A Study on Wax Application on Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Wood

Atıf: Kaplan, Ş., Çamlıbel, O., Bilginer, E.H. ve Ayata, Ü. Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) Odununda Balmumu Uygulaması Üzerine Bir Çalışma. Journal of GreenTech 2024, 2(1): 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11097705>.

Geliş: 27.02.2024

Revizyon: 10.04.2024

Kabul: 29.04.2024

Yayın: 30.06.2024



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This research investigated the impact of wax application on ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) wood, focusing on color and whiteness index (WI^*) (fibers perpendicular and parallel directions) and glossiness properties (fibers perpendicular and parallel directions at 20, 60, and 85 degrees). A control group was established to compare results with samples lacking wax treatment. Across all wax applications, decreases in L^* , b^* , and C^* values were observed. Samples without wax treatment exhibited the lowest values at 60 and 85 degrees, whereas wax treatments led to increases. WI^* values declined in proportion to the number of wax application layers. ΔE^* values were determined as 5.86 for a single layer, 9.01 for two layers, and 9.22 for three layers. Given the close similarity between ΔE^* values for two and three layers of wax application, it can be concluded that a three-layer application may not be necessary.

Keywords: Ebony Macassar; color; *Diospyros celebica* Bakh; glossiness; wax; whiteness index

1. Giriş

Doğal balmumları, bitkilerden, hayvanlardan ve minerallerden oluşmaktadır ve biyolojik ve abiolojik balmumları olarak sınıflandırılabilir. Biyolojik balmumları, canlıların koruyucu maddeleri veya besin maddeleri olarak oluşur. Biyolojik balmumlarının insan sağlığına ve çevreye zararlı olmadığı, ancak insanların günlük yaşamında doğal bir hediye olarak bazı özel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Ruguo ve ark., 2011). Balmumlarının özellikleri hem fiziksel yöntemler (örneğin, fraksiyonlama) hem de kimyasal yöntemler kullanılarak değiştirilebilir. Balmumlarının kimyasal değişikliği yöntemlerinden biri olan oksidasyon, balmumlarının polar balmumlarının oluşmasını sağlar ve balmumları mikroemülsiyon üretimi için kullanılır. Balmumlarının emülsiyon formunda uygulanması, ısıtma ve eritme ihtiyacı olmaksızın kolay kullanım sağlar ve ayrıca organik çözücülerin kullanımının gerekli olmadığı bir ortam yaratır (Antosz ve Syrek, 2014).

Petrol veya madenden elde edilen balmumları, doğal kaynaklarının bol olmasından dolayı ahşap endüstrisinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır (de Freitas ve ark., 2019). Balmumunun bileşenleri, düşük polariteye sahip organik çözücülerde kolayca çözünebilen alifatik bileşiklerin farklı bir karışımını içerir. Yüzeysel ekstraktifleri genellikle triterpenoidler, flavonoidler ve fenolik lipitler de içerir. Alifatik bileşikler, n-hidrokarbonları ve belirli karbonlarda hidroksi (OH) ve keton (O) gibi bir veya daha fazla fonksiyonel grubu olanları da içerir. Bunların arasında, alkanlar, aldehitler, birincil alkoller, yağ asitleri ve β -diketonlar en sık görülenlerdir. Zincir uzunlukları genellikle her bileşik sınıfında çoğunlukla çift veya tek sayıda homolog bulunan 20 ila 34 karbon arasında değişir. Bir balmumunun bileşimi sadece bitkiden bitkiye, organdan organa ve bazen hücreden hücreye değil, aynı zamanda gelişim aşamasına ve çevresel koşullara bağlı olarak da değişir (von Wettstein-Knowles, 2012).

Balmumu emülsiyonları vakum/basınç işlemiyle ahşaba uygulandığında, balmumları UV bozulmasından etkilenen bölgenin ötesine nüfuz eder. Balmumu ile işlem görmüş ahşabın kullanım süresi boyunca performans göstermesi beklenir (Zahora, 1991). Mumlar, macun, sıvı, pasta, şerit, ince pullar ve toz halinde piyasada bulunur (Hammond ve ark., 1969). Balmumu uygulamalarına ait başka çalışma alanlarına bakıldığında; ayakkabı cilası ve rujlarda yağ bağlama, şekerleme ve endüstriyel kaplamalarda su geçirmezlik, fırınlanmış ürünlerde ve plastiklerde serbest performans, araç cilalarında ve mürekkeplerinde çizilmeye karşı dayanıklılık, sıcak eriyiklerde ve sakızlarda plastikleştirme, kalemlerde ve metal işleme alanında yağlama, maskaralarda ve toniklerde dağılma, tarımsal ve farmasötik matrislerde gecikmiş salım ve seramiklerde ve kozmetik pudralarda bağlama özellikleri (Bayer ve ark., 2011) gibi konuları da içerdiği bildirilmiştir.

Literatürde çeşitli ağaç türlerine ait yüzeyler üzerinde balmumu uygulamalarının yapıldığı görülmektedir [zeytin (*Olea europaea* L.) (Peker ve ark., 2024a), erik (*Prunus domestica* L.) (Peker ve ark., 2024b), balau red (*Shorea guiso*) (Peker ve ark., 2024c), lodgépole çamı (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.) ve (*Eucalyptus saligna*) (Zhang ve ark., 2022), ceviz (*Juglans regia*) ve akçaağaç (*Acer pseudoplatanus*) (Liu ve ark., 2022), melez (*Larix gmelinii*) (Zhang ve ark., 2020), *Pterocarpus macrocarpus* Kurz (Yang ve ark., 2021), lodgépole çamı (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon.) (Wang ve ark., 2020)]. Ama yapılan araştırma sonunda *Diospyros celebica* Bakh ahşabı üzerinde bir balmumu çalışmasının yapıldığı belirlenmiştir.

Bu ağaç türü hakkında bilgi vermek gerekirse; *Diospyros* cinsi, tropikal ve ılıman bölgelerde yetişen yaklaşık 500 tür ağaç ve çalı içermektedir. Afrika, Hindistan ve Güneydoğu Asya'daki tropikal bazı *Diospyros* türlerinin koyu siyah öz odunu siyah lekeler veya çizgilerle karakterize edilmektedir. Genellikle siyah ağaç veya ebony ağacı olarak adlandırılır. Bu ahşabın yüksek bir değeri vardır (Noda ve ark., 2002; Karlinasari ve ark., 2020).

Diospyros celebica Bakh genellikle Sulawesi, Endonezya'da yetiştirilir ve Ebenaceae, *Diospyros* ailesine aittir. Bu ağaç farklı isimlerle tanınmaktadır (cennet kuşu, kızıl ejder balığı ve ahşabın siyah incisi) (Chen ve ark., 2018). Fidanları, bir gölgelik altında iyi gelişirken, küçük boşlukları tercih eder. Ağaç tek başına büyüdüğünde, sürgünler solmakta veya gövdeler ölmekte olup, ardından da yan sürgünler büyümektedir (Seran ve ark., 1988).

Bu türün öz odun üretip üretmediği büyük ölçüde ağacın ne kadar büyüdüğüne bağlıdır. Ancak aynı türün bireylerinde bile öz odun ve diri odunun oranında geniş bir varyasyon olduğundan, diğer koşullara da bağlıdır. Üretilen öz odun, pembe, sarımsı, kahverengi veya kül renginde çizgili siyah olabilir.

Genellikle beyazımsı, sarımsı veya kırmızımsı diri odunun ince ile çok geniş bir bantından keskin bir şekilde ayrılır. Dokusu ince, düz ve (özellikle öz odun) çok yoğundur. Lif genellikle çok düzdür (Schneider, 1916).

Ahşabın sertliği sert ile çok sert arasında, ağırlığı ise ağır ile çok ağır arasındadır. Diri odun kırılğan iken esnek ve dayanıklıdır. Öz odun çok dayanıklıdır. Diri odun ortalama dayanıklıdır. İyi bir şekilde kurutmak zordur. Kütükler neredeyse her zaman özden dışarıya doğru birkaç yönde çatlak, kesilmiş kereste ise eğilmeyi önlemek için dikkatlice istiflenmelidir. Ancak tamamen kuruduktan sonra çok kararlı hale gelir. Çok yüksek yoğunluğu odunun işlenmesini zorlaştırır. Ancak keskin aletler yardımı altında güzel bir yüzey elde edilmektedir (Schneider, 1916).

Bu çalışmada, ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) ahşabında balmumu uygulamasının yapılması sonrasında meydana gelen bazı yüzey değişimleri incelenmiştir.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap malzeme

Ebony Macassar (*Diospyros celebica* Bakh.) deney örnekleri 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında bir kereste satıcısından satın alınmıştır. Daha sonra 80, 100 ve 120 numaralı zımparalar ile zımparalanmıştır. Deney örnekleri üzerinde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (20±2°C ile %65 bağıl nem) (ISO 554, 1976).

2.1.2. Balmumu

Balmumu özel bir firmadan satın alınma yöntemi ile temin edilmiştir. Doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip yağ (görünüm: macun, renk: nötr, koku: karakteristik, suda çözünürlük: dağılabilir fakat çözünmez, kuru artık: %30 ve pH değeri: 7.6) kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Balmumunun ahşap malzeme yüzeylerine uygulanması

Çalışmada, doğal ve sentetik balmumlarının karışımına sahip balmumu ahşap malzeme yüzeylerine 1, 2 ve 3 kat olarak bir fırça yardımıyla uygulanmıştır.

2.2.2. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Renk değişimi, (ASTM D 2244-3, 2007) CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] cihazı ile ölçülmüştür. Aşağıdaki formüller ile toplam renk farklılıkları belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - C^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (3)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - a^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (4)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - L^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (5)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{işlem görmüş deney örneği}} - b^*_{\text{işlem görmemiş deney örneği}}) \quad (6)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Tablo1. Δa^* , ΔL^* , Δb^* ve ΔC^* değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999).

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
ΔL^*	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δa^*	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
Δb^*	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
ΔC^*	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık

* ΔC^* : kroma kısmı veya doygunluk farkı ve ΔH^* : ton bölümü veya gölge farkı.

ΔE^* kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 1979) Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo2. ΔE^* değerlendirmesi için kıyaslama kriterleri (DIN5033, 1979).

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0.2	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	Zayıf
1.5 ila 3.0	Belirgin
3.0 ila 6.0	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	Güçlü
>12.0	Çok güçlü

2.2.3. Beyazlık indeksi (WI^*) özelliklerinin belirlenmesi

Whiteness Meter BDY-1 cihazı ile beyazlık indeksi (WI^*) değerleri liflere paralel ve dik yönlerde belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015).

2.2.4. Parlaklık özelliklerinin belirlenmesi

Parlaklık testleri ETB-o833 model gloss meter cihazında üç farklı açılarda (20° , 60° ve 85°) liflere dik ve paralel yönlerde olacak şekilde yapılmıştır (ISO 2813, (1994)).

2.2.5. İstatistiksel analiz

Bir istatistik programı ile standart sapmaları, maksimum ve minimum değerleri, ortalamalar homojenlik grupları, varyans analizleri ve yüzde (%) değişim oranları hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün renk parametreleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Tablo 3).

Tablo3. Renk parametrelerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	Işıklılık (L^*)	494.258	3	164.753	423.780	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	60.545	3	20.182	289.896	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	49.846	3	16.615	99.336	0.000*
	Kroma (C^*)	44.434	3	14.811	86.280	0.000*
	Ton (H^*) açısı	10824.210	3	3608.070	2771.707	0.000*
Hata	Işıklılık (L^*)	13.996	36	0.389		
	Kırmızı (a^*) renk tonu	2.506	36	0.070		
	Sarı (b^*) renk tonu	6.021	36	0.167		
	Kroma (C^*)	6.180	36	0.172		
	Ton (H^*) açısı	467.725	36	12.992		
Toplam	Işıklılık (L^*)	34243.441	40			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	63.480	40			
	Sarı (b^*) renk tonu	847.611	40			
	Kroma (C^*)	911.705	40			
	Ton (H^*) açısı	373341.497	40			
Düzeltilmiş toplam	Işıklılık (L^*)	508.254	39			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	63.052	39			
	Sarı (b^*) renk tonu	55.867	39			
	Kroma (C^*)	50.614	39			
	Ton (H^*) açısı	11291.935	39			

** $p < 0.05$

L^* değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (34.79) bulunurken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (26.12) belirlenmiştir. Kat sayısının artması ile L^* değerleri azalmıştır (azalış oranları sırasıyla 1, 2 ve 3 kat için %16.61, %24.55 ve %24.92) (Tablo 4).

a^* değeri için en yüksek kontrol 1 kat balmumu uygulanmış örneklerde (1.54) görülürken, en düşük sonuç 2 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (-1.33) tespit edilmiştir. a^* değerinde 1 kat balmumu uygulaması ile %144.44 oranında artış elde edilirken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile sırasıyla %311.11 ve %298.41 oranlarında azalışlar görülmüştür (Tablo 4).

b^* değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (5.65) belirlenirken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (3.14) elde edilmiştir. b^* değerlerinde kat sayısının artması ile azalışlar görülmüştür (1, 2 ve 3 kat uygulamalar sırasıyla %3.36, %37.17 ve %44.42) (Tablo 4).

C^* değeri için en yüksek kontrol deney gurubunda (5.69) elde edilirken, en düşük sonuç 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (3.39) görülmüştür. C^* değerlerinde kat sayısının artması ile azalışlar belirlenmiştir (1 kat uygulama ile %0.18, 2 kat uygulama ile %33.22 ve 3 kat uygulama ile %40.42) (Tablo 4).

h^o değeri için en yüksek 2 kat balmumu uygulamasına sahip örneklerde (110.83) tespit edilirken, en düşük sonuç 1 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (74.30) bulunmuştur. h^o parametresinde 1 kat balmumu uygulaması ile %11.30 oranında azalış tespit edilirken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile sırasıyla %32.30 ve %33.28 oranlarında artışlar belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4 Renk parametrelerine ait dan varyans analizi sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	%değişim	Homojenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
L^*	Kontrol	10	34.79	-	A*	32.22	32.22	35.83	3.18
	1 kat	10	29.01	↓16.61	B	28.30	28.30	29.37	1.11
	2 kat	10	26.25	↓24.55	C	25.58	25.58	26.82	1.32
	3 kat	10	26.12	↓24.92	C*	25.36	25.36	26.42	1.27
a^*	Kontrol	10	0.63	-	B	0.21	0.32	0.97	33.15
	1 kat	10	1.54	↑144.44	A*	0.31	1.07	1.96	20.01
	2 kat	10	-1.33	↓311.11	C*	0.25	-1.67	-0.98	-18.97
	3 kat	10	-1.25	↓298.41	C	0.28	-1.67	-0.83	-22.19
b^*	Kontrol	10	5.65	-	A*	0.64	4.66	6.33	11.25
	1 kat	10	5.46	↓3.36	A	0.35	4.80	5.90	6.15
	2 kat	10	3.55	↓37.17	B	0.34	3.12	3.97	9.63
	3 kat	10	3.14	↓44.42	C*	0.19	2.75	3.55	6.02
C^*	Kontrol	10	5.69	-	A*	0.65	4.69	6.41	11.43
	1 kat	10	5.68	↓0.18	A	0.38	4.91	6.19	6.64
	2 kat	10	3.80	↓33.22	B	0.29	3.38	4.12	7.62
	3 kat	10	3.39	↓40.42	C*	0.19	3.05	3.77	5.73
h^o	Kontrol	10	83.77	-	B	1.54	81.25	86.22	1.84
	1 kat	10	74.30	↓11.30	C*	2.62	70.49	78.26	3.52
	2 kat	10	110.83	↑32.30	A*	4.63	103.87	116.46	4.18
	3 kat	10	111.65	↑33.28	A	4.62	104.90	117.97	4.13

Homojenlik Grubu sütunu için *en yüksek değer, **en düşük değer

Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar Tablo 5'de sunulmaktadır. ΔE^* değerleri 1 kat uygulama ile 5.86, 2 kat uygulama ile 9.01 ve 3 kat uygulama ile 9.22 olarak tespit edilmiştir. Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığı zaman 1 kat balmumu uygulaması ile "çok belirgin (3.0 ila 6.0)" sonucuna ulaşılırken, 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile "güçlü (6.0 ila 12.0)" sonucu elde edilmiştir. 2 ve 3 kat balmumu uygulamalarına ait sonuçlar birbirlerine çok yakın olarak elde edilmiştir. ΔL^* (referansa göre daha koyu), Δb^* (referansa göre daha mavi) ve ΔC^* (referansa göre daha bulanık) değerleri negatif olarak bulunmuştur. Δa^* değerleri 1 kat uygulama ile pozitif (referansa göre daha kırmızı) olarak belirlenirken, 2 ve 3 kat uygulamaları ile negatif (referansa göre daha yeşil) yönde tespit edilmiştir. ΔH^* değerleri 1 kat uygulama ile 0.94, 2 kat uygulama ile 2.17 ve 3 kat uygulama ile 2.12 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Toplam renk farklılıklarına ait hesaplanmış sonuçlar.

Uygulama sonrası	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	Renk değişim kriterleri (DIN5033, 1979)
1 kat balmumu	-5.78	0.92	-0.19	-0.01	0.94	5.86	Çok belirgin (3.0 ila 6.0)
2 kat balmumu	-8.54	-1.96	-2.10	-1.88	2.17	9.01	Güçlü (6.0 ila 12.0)
3 kat balmumu	-8.68	-1.87	-2.51	-2.30	2.12	9.22	Güçlü (6.0 ila 12.0)

Parlaklık değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, $\perp 20^\circ$ 'de parlaklık değeri hariç, diğer bütün parlaklık değerleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği görülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6. Parlaklık değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplam	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	$\perp 20^\circ$ de parlaklık	0.000	3	0.000	-	-
	$\perp 60^\circ$ de parlaklık	0.649	3	0.216	16.158	0.000*
	$\perp 85^\circ$ de parlaklık	277.202	3	92.401	1384.856	0.000*
	$\parallel 20^\circ$ de parlaklık	0.577	3	0.192	85.444	0.000*
	$\parallel 60^\circ$ de parlaklık	10.189	3	3.396	24.902	0.000*
	$\parallel 85^\circ$ de parlaklık	99.565	3	33.188	146.905	0.000*
H _{beta}	$\perp 20^\circ$ de parlaklık	0.000	36	0.000		
	$\perp 60^\circ$ de parlaklık	0.482	36	0.013		
	$\perp 85^\circ$ de parlaklık	2.402	36	0.067		
	$\parallel 20^\circ$ de parlaklık	0.081	36	0.002		
	$\parallel 60^\circ$ de parlaklık	4.910	36	0.136		
	$\parallel 85^\circ$ de parlaklık	8.133	36	0.226		
Toplam	$\perp 20^\circ$ de parlaklık	0.400	40			
	$\perp 60^\circ$ de parlaklık	183.460	40			
	$\perp 85^\circ$ de parlaklık	1311.860	40			
	$\parallel 20^\circ$ de parlaklık	1.990	40			
	$\parallel 60^\circ$ de parlaklık	294.940	40			
	$\parallel 85^\circ$ de parlaklık	2769.490	40			
Düzeltilmiş toplam	$\perp 20^\circ$ de parlaklık	0.000	39			
	$\perp 60^\circ$ de parlaklık	1.131	39			
	$\perp 85^\circ$ de parlaklık	279.604	39			
	$\parallel 20^\circ$ de parlaklık	0.658	39			
	$\parallel 60^\circ$ de parlaklık	15.099	39			
	$\parallel 85^\circ$ de parlaklık	107.698	39			

*anlamlı, **önemsiz

Tablo 7'de parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları verilmiştir. 20° derecede liflere dik yönde ölçümlerde balmumları uygulamaları ile hiçbir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Ama aynı derece için paralel yönde ise artışlar tespit edilmiştir. Buna ek olarak, 60° ve 85° derecelerde bütün yönlerde artışlar görülmüştür. Bu derecelerde en düşük sonuçlar kontrol deney grubuna ait örnekler üzerinde tespit edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	% değişim	Homojenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
$\perp 20^\circ$	Kontrol	10	0.10	-	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	1 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	2 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
	3 kat	10	0.10	0.00	A	0.00	0.10	0.10	0.00
$\perp 60^\circ$	Kontrol	10	1.93	-	C**	0.05	1.90	2.00	2.50
	1 kat	10	2.13	$\uparrow 10.36$	B	0.05	2.10	2.20	2.27
	2 kat	10	2.22	$\uparrow 15.03$	AB	0.04	2.20	2.30	1.90
	3 kat	10	2.26	$\uparrow 17.10$	A*	0.22	2.10	2.60	9.60
$\perp 85^\circ$	Kontrol	10	0.91	-	D**	0.21	0.70	1.20	23.43
	1 kat	10	7.77	$\uparrow 753.85$	A*	0.18	7.60	8.00	2.35
	2 kat	10	4.82	$\uparrow 429.67$	C	0.24	4.50	5.20	5.06
	3 kat	10	6.82	$\uparrow 649.45$	B	0.36	6.20	7.20	5.26
$\parallel 20^\circ$	Kontrol	10	0.10	-	B**	0.00	0.10	0.10	0.00
	1 kat	10	0.39	$\uparrow 290.00$	A*	0.07	0.30	0.50	18.92
	2 kat	10	0.12	$\uparrow 20.00$	B	0.04	0.10	0.20	35.14
	3 kat	10	0.12	$\uparrow 20.00$	B	0.04	0.10	0.20	35.14
$\parallel 60^\circ$	Kontrol	10	2.04	-	C**	0.08	2.00	2.20	4.13
	1 kat	10	3.37	$\uparrow 65.20$	A*	0.43	3.00	4.00	12.67
	2 kat	10	2.34	$\uparrow 14.71$	C	0.08	2.20	2.40	3.60
	3 kat	10	2.83	$\uparrow 38.73$	B	0.59	1.90	3.40	20.87

85°	Kontrol	10	5.56	-	C*	0.41	5.10	6.20	7.35
	1 kat	10	9.82	↑76.62	A*	0.25	9.50	10.10	2.53
	2 kat	10	8.56	↑53.96	B	0.24	8.20	8.80	2.76
	3 kat	10	8.69	↑56.29	B	0.79	7.50	9.50	9.05

Beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün WI^* değerleri için uygulanan balmumu kat sayısı faktörünün anlamlı olarak elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait olan varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	Test	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha < 0.05$
Kat sayısı	$WI^*(\perp)$	173.000	3	57.667	483.240	0.000*
	$WI^*(\parallel)$	14.568	3	4.856	209.110	0.000*
Hata	$WI^*(\perp)$	4.296	36	0.119		
	$WI^*(\parallel)$	0.836	36	0.023		
Toplam	$WI^*(\perp)$	736.800	40			
	$WI^*(\parallel)$	96.060	40			
Düzeltilmiş	$WI^*(\perp)$	177.296	39			
	$WI^*(\parallel)$	15.404	39			

Tablo 9'da beyazlık indeksi (WI^*) değerlerine ait olan ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Her iki yönde ölçülen WI^* değerleri için en yüksek sonuçlar kontrol deney gruplarında (\perp : 7.34 ve \parallel : 2.40) bulunurken, en düşük sonuçlar 3 kat balmumu uygulanmış örnekler üzerinde (\perp : 2.44 ve \parallel : 0.84) tespit edilmiştir. Kat sayısının artması ile her iki yönde ölçülen WI^* değerleri de azalmıştır (1, 2 ve 3 kat uygulamaları için sırasıyla (\perp : %64.03, 65.40 ve 66.76 ile \parallel : %40.83, %57.50 ve %65.00)).

Literatürde çeşitli ağaç türlerine ait yüzeyler üzerinde balmumu uygulamalarının yapılması sonrasında renk parametrelerinin, parlaklık değerlerinin ve beyazlık indeksi değerlerinin değiştiği bildirilmiştir [zeytin (*Olea europaea* L.) (Peker ve ark., 2024a), erik (*Prunus domestica* L.) (Peker ve ark., 2024b), balau red (*Shorea guiso*) (Peker ve ark., 2024c)].

Tablo 9. Parlaklık değerlerine ait olan ölçüm sonuçları.

Test	Balmumu uygulaması	Öçüm sayısı	Ortalama	% değişim	Homojenlik grubu	Standart sapma	Minimum	Maksimum	Varyans katsayısı
WI^{\perp}	Kontrol	10	7.34	-	A*	0.69	6.00	8.00	9.33
	1 kat	10	2.64	↓64.03	B	0.05	2.60	2.70	1.96
	2 kat	10	2.54	↓65.40	B	0.05	2.50	2.60	2.03
	3 kat	10	2.44	↓66.76	B*	0.05	2.40	2.50	2.12
WI^{\parallel}	Kontrol	10	2.40	-	A*	0.24	2.10	2.70	10.02
	1 kat	10	1.42	↓40.83	B	0.15	1.30	1.70	10.91
	2 kat	10	1.02	↓57.50	C	0.09	0.90	1.20	9.01
	3 kat	10	0.84	↓65.00	D*	0.05	0.80	0.90	6.15

Homojenlik Grubu sütunu için *en yüksek değer, **en düşük değer

4. Sonuçlar ve Öneriler

- 60 ve 85 derecelerde ölçülmüş olan parlaklık değerlerinde en düşük sonuçlar balmumu uygulanmamış örneklerde tespit edilmiştir. Buna ek olarak, balmumu uygulamaları ile artışlar görülmüştür.
- Beyazlık indeksi değerleri liflere dik ve paralel yönlerde elde edilen sonuçlar balmumu uygulamasına ait kat sayısının artmasıyla azalmıştır.
- Toplam renk farklılıklarına ait (ΔE^*) değerleri 2 ve 3 kat balmumu uygulamaları ile birbirine çok yakın sonuçlar verdiğinden 3 kat uygulamaya gerek duyulmadığı söylenebilir.
- Bütün kat uygulamaları ile L^* , b^* ve C^* değerlerinde azalışlar görülmüştür.
- Elde edilen balmumu ile kaplanmış örnekler üzerinde doğal veya yapay yaşlandırma uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, Ü.A., Ş.K. ve E.H.B.; metodoloji, Ü.A. ve O.Ç.; yazılım, Ş.K. ve E.H.B.; doğrulama, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; içerik analizi, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; araştırma, X.X.; çalışma olanakları, Ü.A., Ş.K. ve E.H.B.; veri düzenleme, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A.; yazma—orijinal taslak hazırlama, Ü.A. ve O.Ç.; yazma—inceleme ve düzenleme, O.Ç. ve Ş.K.; görselleştirme, E.H.B.;

süpervizyon, Ü.A.; proje yönetimi, Ü.A. ve Ş.K.; fon sağlama, Ş.K., O.Ç., E.H.B. ve Ü.A. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Fon Desteği: Bu araştırmada herhangi bir dış finansmandan maddi destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- Antosz, A., & Syrek, H. (2014). Badania nad wytwarzaniem mikroemulsji woskowych w reaktorze ciśnieniowym. Część II. Nafta-Gaz, 60(6): 520-527.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Bayer, I.S., Fragouli, D., Martorana, P.J., Martiradonna, L., Cingolani, R., & Athanassiou, A. (2011). Solvent resistant superhydrophobic films from self-emulsifying carnauba wax-alcohol emulsions, *Soft Matter*, 7(18): 7939-7943. <https://doi.org/10.1039/c1sm05710c>.
- Chen, J., Ni, C., Lou, J., & Peng, W. (2018). Molecules and functions of rosewood: *Diospyros celebica*. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(6), 756-762. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.12.033>.
- de Freitas, C.A.S., de Sousa, P.H.M., Soares, D.J., da Silva, J.Y.G., Benjamin, S.R., & Guedes, M.I.F. (2019). Carnauba wax uses in food-A review. *Food chemistry*, 291: 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.133>.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Be-uth, Berlin März.
- Hammond, J.J., Donnelly, E.T., Harrod, W.F., Rayner, N.A., & Özden, F. (1969). Ağaç işleri teknolojisi, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, Editör: İrfan Zorlu, Ajans Türk Matbaacılık Sanayi, 554 sayfa.
- 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, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Karlinasari, L., Purwanto, Y. A., Majiudu, M., Dwiyantri, F.G., Rafi, M., Damayanti, R., Harnelly, E., & Siregar, I.Z. (2020). Discrimination and determination of extractive content of ebony (*Diospyros celebica* Bakh.) from celebes island by near-infrared spectroscopy. *Forests*, 12(1), 6. <https://doi.org/10.3390/f12010006>
- Lange, D.R. (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Liu X., Timar M.C., Varodi A.M., Nedelcu R., & Torcatoru M.J. (2022). Colour and surface chemistry changes of wood surfaces coated with two types of waxes after seven years exposure to natural light in indoor conditions. *Coatings*, 12(11): 1689. <https://doi.org/10.3390/coatings12111689>.
- Noda, E., Aoki, T., & Minato, K. (2002). Physical and chemical characteristics of the blackened portion of Japanese persimmon (*Diospyros kaki*). *Journal of Wood Science*, 48: 245-249.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2024a). Zeytin (*Olea europaea* L.) ahşabında bazı yüzey özellikleri üzerine balmumu uygulamasının etkileri, *Journal of Marine and Engineering Technology*, 4(1): basımda.
- Peker, H., Bilginer, E.H., Ayata, Ü., Çamlıbel, O., ve Gürleyen, L., (2024b). Balmumu uygulanmış erik (*Prunus domestica* L.) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine farklı kat sayılarının etkileri, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, basımda.
- Ruguo, Z., Hua, Z., Hong, Z., Ying, F., Kun, L., & Wenwen, Z. (2011). Thermal analysis of four insect waxes based on differential scanning calorimetry (DSC). *Procedia Engineering*, 18: 101-106. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.016>.
- Schneider, E.E. (1916). Commercial woods of the Philippines: Their preparation and uses. *Philippine Bur. Forestry Bull*, 14.
- Seran, D., Lempang, M., Allo, M.K., Sumardjito, Z., Paembonan, S., and Ginoga, B. (1988). Aspek ekologi ebony (*Diospyros celebica* Bakh) di cagar alam Kalaena, Kabupaten Luwu, Propinsi Sulawesi Selatan *Jurnal Penelitian Kehutanan*, 2(1): 1-8.
- von Wettstein-Knowles, P. (2012). Plant waxes. *eLS*, 1-13.
- Wang, W., Ran, Y., & Wang, J. (2020). Improved performance of thermally modified wood via impregnation with carnauba wax/organoclay emulsion. *Construction and Building Materials*, 247: 118586. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118586>.
- Yang, L., Han, T., Liu, Y., & Yin, Q. (2021). Effects of vacuum heat treatment and wax impregnation on the color of *Pterocarpus macroparpus* Kurz. *Bioresources*, 16(1): 954-963. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.954-963>.
- Zahora, A. (1991). Interactions between water-borne preservatives and emulsion additives that influence the water repellency of wood. *The International Research Group on Wood Protection, IRG/WP*, 2374.
- Zhang, J.Y., Chesnokova, T., Zhang, B.Y., & Zhan, J. F. (2020). Chromatic variability of larch wood impacted by high-temperature thermal treatment and oil-wax coating. *Journal of Forestry Engineering*, 5(6): 64-75. <https://doi.org/10.13360/j.issn.2096-1359.202003012>.
- Zhang, L., Yang, X., Chen, Z., Dong, H., Tan, Y., & Bai, X. (2022). Properties and durability of wood impregnated with high melting point polyethylene wax for outdoor use. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 42(5): 342-351. <https://doi.org/10.1080/02773813.2022.2095404>.

Yasal Uyarı/Sorumluluk Reddi: Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazarlara ve (varsa) katkıda bulunanlara aittir; *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörlerine ait değildir. *Journal of Green Technology and Environment* ve/veya editörleri, içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan, insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zararın sorumluluğunu reddeder.