

KÖKBOYA İLE RENKLENDİRİLEN AĞAÇ MALZEMENİN YIKANMA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Mehmet YENİOCAK^{1*}, Osman GÖKTAŞ¹, Ertan ÖZEN¹, Mehmet ÇOLAK¹, Mehmet UĞURLU² ve SEVİL YENİOCAK¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaççılı Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Muğla, Türkiye

* myeniocak@mu.edu.tr, ogoktas@mu.edu.tr, eozen@mu.edu.tr,

cmehmet@mu.edu.tr, mehmetu@mu.edu.tr, svl_akyrek@hotmail.com

Özet

İnsan ve çevre sağlığına zarar veren tüm ürünlere alternatif zararsız ürünler geliştirme çalışmaları her alanda devam etmektedir. Uçucu organik bileşikler içeren boyar maddelere alternatif olarak da son zamanlarda doğal boyamacılığa olan ilgi tekrar canlanmıştır. Bu çalışmanın amacı ahşap ürünlerde kullanılmak üzere çevre ve insan sağlığına zararsız sentetik üst yüzey malzemelerine alternatif doğal ürünler geliştirmektir. Bu amaçla; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* spp) ve ceviz (*Juglons regia* L.) odunlarından elde edilen deney örnekleri kullanılmıştır. Boyar ekstrakt ise, kökboyası (*Rubia tinctorium*) bitkisinden ultrasonik metotla elde edilmiş, mordan olarak demir sülfat ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$), alüminyum sülfat ($KAl_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), bakır sülfat ($CuSO_2 \cdot 5H_2O$), ve üzüm sirkesi (CH_3COOH) kullanılmıştır. Elde edilen boyar maddeler belli oranlarda mordan maddeleri ile karıştırılarak ultrasonik ve klasik boyama metotlarıyla ağaç malzemeye uygulanmıştır. Kökboyası uygulanan örneklerde boyanın kalıcılığının belirlenmesi amacıyla pH (5, 7 ve 9), Sıcaklık (22 ve 40 °C) ve Çalkalanma hızı (10 ve 30 rpm) parametrelerinde yıkanma testlerine tabi tutulmuştur. Testler sonucunda genel olarak kökboya ile alüminyum sülfat karışımının tüm odun örneklerinde daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kökboya, Yıkanma, Doğal boya

INVESTIGATION OF LEACHING PERFORMANCE OF WOOD MATERIALS COLORED WITH MADDER ROOT

Abstract

Development alternative products instead of harmful products to environment and human health continue in all areas. Natural coloration come to life alternative to paints which including Volatile Organic Compounds in recent years. The aim of this study to develop an eco-friendly wood stain alternative to synthetic dyes and to determine the adsorption and desorption on surfaces. For that purpose; wood blocks procured from Turkish oriental beech, Scots pine, oak, and walnut. Plant dyestuff was extracted from the root of madder by using ultrasonic assisted method. For mordants, ferrous sulfate, aluminum sulfate, copper sulfate, and vinegar were chosen and applied to wood blocks with immersion (classic) and immersion+ultrasonic assisted methods. In other stage of the study, desorption experiments (dye release) wood surfaces painted with natural dyes were investigated at various parameters. At this stage of the study, the effect of such parameters as the medium pH, temperature, agitating speed in leaching test was investigated. As a result of experiments, generally aluminum sulfate performed well desorption were reduced the desorption on all wood species surfaces.

Keywords: Madder root, Leaching, Natural dye

1. Giriş

Ahşap gerek iç gerekse dış mekânda dekorasyon yapı elemanlarının vazgeçilmez malzemesidir. Odun hammaddesi yapısal özelliğinden dolayı günümüzde hala çok çeşitli üretim alanlarında tercih edilmektedir [1]. Azalmakta olan orman varlığı nedeniyle ağaç malzemenin daha verimli kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Bir taraftan endüstri kollarının hammadde ihtiyacının karşılanması, diğer yandan artan nüfusun ağaç malzemeye olan gereksinimlerinin karşılanabilmesi ve kişi başına tüketimin artırılması için, ormanlarımızdan yararlanma derecesinin artırılması, üretilen ağaç malzemenin uzun sürelerde kullanılması ve yeni hammadde kaynaklarının ortaya çıkarılması gerekmektedir [2].

Ağaç malzeme, estetik olması, güzel görüntü vermesi yanında iç ve dış ortam tesirlerine karşı korunmak durumundadır. Odun, özellikle dış ortamda biyolojik zararlıların etkisiyle zamanla çok büyük yıkıma uğrar. Mevsimsel değişimler, güneş ve yağmur etkileri yıpranmış ve eskimiş bir görüntüye sebep olur [1]. Ahşap malzemeyi bu olumsuz etkilerden koruyabilmek için boya, vernik ve emprenye maddeleri kullanılmaktadır. Ancak kimyasal yolla ağaç malzemenin korunması sırasında çevre sağlığı bakımından son yıllarda bazı sakıncalar ortaya çıkmış bulunmaktadır [3]. Genelde ağaç malzemeyi koruyan kimyasal maddelerin, zararlılara karşı zehirli etkilerinin olması gerekmektedir. Böylece de arzu edilmemesine rağmen zorunlu olarak diğer canlılara da zarar verebilmektedir [3]. İç mekânlarda maruz kalınan kirlenme, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, bu konu, toplumun, özellikle de bu ürün müşterilerinin, idari birimlerin, endüstri ve araştırmacıların dikkatle takip ettiği bir konudur [4].

İnsan ve çevre sağlığına zarar veren tüm ürünlere alternatif zararsız ürünler geliştirme çalışmaları her alanda devam etmektedir. Uçucu organik bileşikler içeren boyar maddelere alternatif olarak da son zamanlarda doğal boyamacılığa olan ilgi tekrar canlanmıştır. İnsan ve çevre sağlığı bilinci ön plana çıktıkça, devletler yeni koruyucu standartlar getirmekte, dolayısıyla, doğal boyalar, sentetik esaslı ve zararlı boyalara önemli alternatif malzemeler olarak, toplum tarafından talep edilmektedirler [5, 6, 7]. Özellikle yiyecek ve tekstil alanında, çevre dostu, toksik etkisi olmayan, antioksidan, antikanserojen, antibakteriyel ve antialerjik bitkilerden elde edilen doğal boyalara ilgi de artmaktadır. Bunun nedeni, sentetik boyama malzemelerinden kaynaklanan zararlı etkilere karşı, pek çok ülke tarafından, çevre kirliliği ile mücadele konusunda getirilen katı koruma standartlarıdır. Bununla beraber, geleneksel doğal boyama malzemelerinin, sentetik malzemelere göre daha çevre dostu oldukları yönünde insanlarda bir inancın oluşması da bu süreci desteklemektedir. Böylece, insan ve çevre sağlığına karşı büyük bir duyarlılığın gelişmesi ile birlikte, doğal ürünlere karşı tüketicilerin önyak olduğu bir “yeşil dalga” akımı başlamıştır [8].

Doğal boyar madde elde etme çalışmaları kapsamında yapılan bir çalışmada, gıda boyası ve baharat olarak da kullanılan defne yaprakları, ahşap boyama malzemesi olarak kullanılmıştır. Goktas ve ark. [9], tarafından, defne (*Laurus nobilis* L.) yapraklarından elde edilen boyar ekstratlar, demir sülfat ve şap mordanları ile beraber

kayın ve çam malzeme üzerine uygulamış ve UV altında 100, 200 ve 300 saatler boyunca meydana gelen renk değişim değerleri belirlenmiştir. Bu deneyler sonucunda, kayın örnekler üzerine mordansız olarak uygulanan defne boyasının, en düşük renk değişimine uğradığı belirlenmiştir.

Göktaş ve ark. [10] tarafından yapılan bir başka çalışmada, zakkum bitkisinden (*Nerium Oleander* L.) elde edilen ekstraktlar, hem koruyucu hem de boyar madde olarak kullanılmış ve boyanan ahşap örnekler; 500, 1000 ve 1500 saatler boyunca UV ışınlarına maruz bırakılarak renk değişimleri belirlenmiştir. Bu denemeler sonucunda, mordansız olarak kayın ve çam örnekler üzerine uygulanan kontrol boyasının renk değişim değerinin en düşük değişiklik değerleri verdiği gözlenmiştir.

Kökboya 1 ile 2 metre boyunda, rizozomlu çok yıllık ve verimli topraklarda yetişen bir bitkidir. Yazın büyüyen bitkinin soluk sarı renk çiçekleri bulunmaktadır. Kışın ise bitkinin çiçekleri dökülür fakat ilkbaharda yeniden açar. Yaprakları 4 ile 6 adet, aynı boğumdan daireseldir [11].

Kökboyanın büyük bir olasılıkla anavatanı Anadolu'dur. Fakat doğal olarak Kafkaslar, İran, Orta Batı Asya ve Himalayalar'a kadar yayılmış olduğu görülmektedir [12, 11].

Kökboyanın kök sürgünleri doğal bir boya kaynağıdır [13, 14]. Kök sürgünlerinde boyarmadde veren glikozitler bulunur. Bunlar enzimlerin etkisiyle hidroliz sonucunda alizarin ve alizarin türevleri ile glükoza parçalanırlar. Bu glikozitlerin en önemlisi rubieritrin asididir. Rubieritrin asidi alizarin ve glükoz verir. Purpurin glikoziti purpurin ile glükoz, rubiadin glikoziti ise rubiadin ile glükoz verir [15]. Bunların yanında pseudopurpurin, munjistin ve ksantopurpurin (purpuroksantin) gibi birçok boyarmadde de bulunur [16]. Çeşitli çalışmalarda kökboyada 36 antrakinin bulunmuştur. Bunların en önemlisi alizarindir [17]. Ana boyarmadde olan alizarin miktarı, bitkinin yetiştiği yere göre büyük oranda değişir. Ürgüp kökenli bitkilerde %1,5 ve Konya kökenli bitkilerde %3 alizarin saptanmıştır [15].

Bu çalışmada kullanılacak olan bitki ekstraktlarının, mobilya birimlerinin üst yüzey işlemlerinde renklendirici ve koruyucu olarak kullanımının sağlanması ve bunun yaygınlaştırılması yolu ile ülkemizde çok büyük bir potansiyele sahip, ancak faydalanılmayan doğal bitkisel kaynaklar aktif hale getirilebilecek ve bunun yaygınlaştırılması yolu ile yeni iş alanları doğacaktır. Böylece tamamen doğal,

renklendirici özellikler taşıyan aynı zamanda da çevre ve insan sağlığına zararsız, ulusal kaynaklı ve daha ekonomik üst yüzey işlem maddeleri geliştirilebilecektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, boyar madde olarak Kökboyası (*Rubia tinctorium*), ağaç malzeme olarak; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* spp) ve ceviz (*Juglons regia* L.) odunlarından elde edilen deney örnekleri kullanılmıştır. Kök boyadan elde edilen ekstraktların ağaç malzemeye tutunmalarını arttırabilmek için demir sülfat ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$), alüminyum sülfat ($KAl_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), bakır sülfat ($CuSO_2 \cdot 5H_2O$), ve üzüm sirkesi (CH_3COOH) mordanları kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Ahşap deney örneklerinin hazırlanması

Yıkama testlerinde kullanılacak ahşap deney örnekleri, Sarıçam, doğu kayını, ceviz ve meşe odunundan hazırlanmıştır. Temin edilen keresteler TS 4176 [18] 'ya göre markalanmıştır, toleranslı kesimin ardından net ölçülerine getirilmiş ve sistireleme, zımparalama işlemlerinden sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Testler için her ağaç türünden 19x19x19 mm ölçülerinde, deney örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri, $20 \pm 2^\circ C$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde yaklaşık $\%12$ nemlilik derecesine gelinceye kadar bekletileceklerdir [1].

2.2.2. Boyar maddelerin ekstraksiyonu

Çalışmada kullanılan bitkiler gölgede kurutulmuş ve öğütülmüştür. Kuru toz halinde olan bitki parçacıkları 20/1 oranında distile su ile karıştırılarak 180W çıkış gücüne sahip ultrasonik banyo cihazında $45^\circ C$ sıcaklık ile 180 dakikalık sürede ekstrakte edilmiştir. Ultrasonik ekstraksiyon Elmasonic X-tra 150 H marka ultrasonik banyo cihazında yapılmıştır. Buharlaşarak eksilen su kadar, su ilave edilerek başlangıçtaki belirtilen seviyesine getirilmiştir.

2.2.3. Boyar maddelerin ahşap malzemeye uygulanması

Ekstraksiyon işlemi sonunda boyalı su süzgeç kağıdı ile süzülerek katı kısımlardan ayrılmıştır. Boyalı çözeltilere, Tablo 1. 'de gösterilen oranlarda, mordan maddeleri eklenmiştir. Boyalar ahşap deney örneklerine iki farklı (klasik ve ultrasonik) yöntem ile uygulanmıştır. Uygulama şartları ise Tablo 2. 'de verilmiştir. Odun örnekleri ultrasonik banyo kazanının içine tamamen daldırılarak boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda daldırma kabından alınan parçaların yüzeyindeki fazla boya bir bez yardımı ile silinmiş ve dik bir şekilde oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır.

Tablo 1. Boya çözeltisi+mordan karışım oranları

Ekstrakt	Mordan	Karışım (%)
Boyar bitki ekstraktı	Kontrol	0
	Demir sülfat	3
	Alüminyum şapı	5
	Bakır sülfat	5
	Sirke	10

Tablo 2. Boyarmadde çözeltisinin ahşap örneklere uygulanma şartları

Boyar madde	Ultrason çıkış gücü (W)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
Bitki Boya çözeltisi	Kontrol (klasik daldırma)	45	60
	300	45	60

2.2.4. Yıkama Testleri

Proje çalışmasında sulu ortamda çözülmüş bulunan doğal boyanın ahşap yüzeye empenye edilmesi hedeflenmiştir. Bu işlemde boyar maddenin çözelti fazından ahşap yüzeyine tutunmasını etkileyen birçok parametre vardır. Bu parametreler; ahşap malzemenin türü, boyanın türü, çözünürlüğü, pH ve sıcaklık olarak sıralanabilir. Bu yüzden katı yüzeyine tutunma oldukça karmaşık bir süreç olup, optimum tesis dizaynının sağlanabilmesi için tüm faktörlerin dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir. Bu faktörler aynı zamanda tutunma mekanizmasını, etkinliğini ve verimini belirler.

Bu işlemde öncelikle UV spektrofotometre cihazından yararlanarak, kullanılan boyalara ait maksimum dalga boyu taraması yapılmış ve maksimum dalga boyu ile bu dalga boyundaki renk şiddeti belirlenmiştir. Daha sonra ultrason desteği ile boyanmış ve kurutulmuş ahşap örnekler sabit sıcaklıktaki su banyosuna alınarak, yıkama deneylerine geçilmiştir. Burada 250 ml saf su behere alınarak içerisine belirli sayıda boyanmış ahşap

örnekleri konulmuştur. Bu örnekler sabit sıcaklıkta çalkalamalı su banyosuna alınmış ve 120 dakika süreyle çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem esnasında 5, 15, 30, 60, 75, 90, 120 dakika sonunda çalkalama yapılan suda meydana gelen renk değişimleri incelenmiştir. Bu aşamada her seferinde çalkalama suyundan 5 ml alınarak santrifüj edilmiş ve UV spektrofotometre cihazında renk değişimleri belirlenmiştir.

pH etkisinin incelenmesi: Bilindiği üzere ortamın asidik veya bazik olması katı yüzeyinde tutunmayı artırması yanında geri bırakmayı da önemli oranda etkilemektedir. Günümüzde ekolojik dengede meydana gelen değişimler sonucu oluşan asit yağmurları, temizlik amacıyla kullanılan deterjanlar ve diğer kullanımlar güncel hayatımızda önemli bir yer tutmaktadır. Bu durumda, ahşap malzemenin gerek kullanım ve gerekse dayanıklılığını önemli oranda etkilemektedir. Ortamın asidik veya bazik olmasına bağlı olarak boyanın, ahşap yüzeyden ne oranda uzaklaştığı veya ne oranda değişim gösterebileceği çalışmanın verimi açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu amaçla farklı pH değerlerinde yıkama deneyleri yürütülmüştür. Bu işlemlerde, HCl ve NaOH çözeltileri kullanılarak, pH: 5.0, 7.0 ve 9.0 aralıklarına sahip çalkalama suyu çözeltileri hazırlanmıştır. Daha sonra bu çözeltiler ile oda sıcaklığında farklı sürelerde yıkama deneyleri yapılmış, pH'ya bağlı olarak yıkama suyunda oluşan renk değişimleri UV spektrofotometre yardımıyla incelenmiştir.

Sıcaklık etkisinin incelenmesi: Optimum pH ve süre parametreleri dikkate alınarak, oda sıcaklığı 22 °C ve 40 °C sıcaklık aralığında yıkama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklık aralıklarının seçilmesindeki temel neden, yaz ve kış mevsimlerinde sıcaklık farklılıklarının bu aralıklarda olabileceği ve ahşap malzemedeki meydana gelen renk değişimlerinin sıcaklıktan ne oranda etkilenebilecekleri incelenmiştir.

Çalkalama hızının etkisi: Yıkama deneylerinde ortamdaki suyun boyanmış ahşap yüzey üzerinde oluşturabileceği hidrostatik etkinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu amaçla 10 ve 30 rpm çalkalama hızlarında yıkama deneyleri yürütülecektir. Bu işlemlerde doğal pH, oda sıcaklığı ve optimum süre dikkate alınacaktır. Çalışma sonucunda su tazyikine bağlı olarak ahşap yüzeyde ne gibi renk değişimlerinin olabileceği, suda meydana gelen renk değişimlerinden faydalanarak incelenmiştir.

3. Bulgular

Yıkanma testlerinde öncelikle UV spektrofotometre cihazından yararlanarak, kökboyası ve mordanlı konsantrasyonlarına ait maksimum dalga boyu taraması yapılmış ve maksimum dalga boyu ile bu dalga boyundaki renk şiddeti belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Kök Boya Dalga Boyu Verileri

Boya Tipi	Max. Dalga Boyu (nm)
Kontrol (%100 Kök Boya)	376
Kök Boya + Demir sülfat	382
Kök Boya + Alüminyum sülfat	543
Kök Boya + Bakır sülfat	345
Kök Boya + Sirke	366

3.1. pH 5 te yıkanma verileri

Sarıçam odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar tüm örneklerde kısmi bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, demir sülfat ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan boyamalarda daha fazla yıkandığı gözlenmiştir. Kontrol (mordansız), alüminyum sülfat ve Sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, yıkanmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sarıçam odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,040 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,346 abs olarak gözlenmiştir. Kayın odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde, alüminyum sülfat ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir.

Kontrol (mordansız), demir sülfat ve sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, yıkanmanın daha fazla olduğu görülmüştür. Kayın odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,023 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,156 abs olarak gözlenmiştir.

Ceviz odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar bazı örneklerde kısmi bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordansız), Sirke ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir.

Tablo 4. pH 5 'te kök boya yıkanma verileri

Ağaç türü	Yıkama Süresi (dk)	Kontrol		Demir sülfat		Alüminyum sülfat		Bakır sülfat		Sirke	
		UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB
Sarıçam	5	0,037	0,027	0,052	0,091	0,069	0,061	0,06	0,073	0,033	0,042
	15	0,049	0,045	0,087	0,112	0,034	0,022	0,11	0,138	0,042	0,048
	30	0,067	0,058	0,094	0,125	0,044	0,025	0,131	0,197	0,074	0,077
	60	0,084	0,067	0,114	0,143	0,053	0,035	0,160	0,252	0,103	0,091
	75	0,085	0,071	0,116	0,154	0,059	0,039	0,16	0,246	0,115	0,096
	90	0,094	0,076	0,119	0,162	0,062	0,04	0,189	0,297	0,121	0,108
	120	0,117	0,080	0,131	0,170	0,062	0,040	0,189	0,346	0,122	0,108
Kayın	5	0,045	0,025	0,069	0,083	0,011	0,061	0,037	0,06	0,021	0,025
	15	0,048	0,032	0,073	0,06	0,015	0,02	0,065	0,064	0,023	0,024
	30	0,053	0,044	0,088	0,069	0,014	0,019	0,085	0,089	0,055	0,052
	60	0,058	0,046	0,11	0,09	0,021	0,025	0,104	0,109	0,067	0,059
	75	0,059	0,049	0,119	0,109	0,022	0,025	0,105	0,118	0,069	0,087
	90	0,063	0,051	0,126	0,117	0,021	0,03	0,13	0,139	0,073	0,068
	120	0,073	0,054	0,152	0,146	0,023	0,026	0,13	0,156	0,078	0,075
Ceviz	5	0,098	0,065	0,070	0,059	0,060	0,059	0,092	0,093	0,036	0,039
	15	0,067	0,069	0,073	0,061	0,016	0,015	0,135	0,130	0,040	0,052
	30	0,068	0,08	0,096	0,087	0,016	0,015	0,178	0,177	0,078	0,087
	60	0,099	0,104	0,133	0,11	0,021	0,02	0,232	0,232	0,096	0,113
	75	0,108	0,144	0,154	0,126	0,022	0,022	0,258	0,248	0,12	0,138
	90	0,125	0,122	0,173	0,146	0,022	0,022	0,272	0,272	0,12	0,145
	120	0,137	0,148	0,210	0,174	0,028	0,022	0,303	0,319	0,132	0,167
Meşe	5	0,041	0,061	0,032	0,02	0,081	0,062	0,035	0,062	0,032	0,043
	15	0,043	0,062	0,052	0,047	0,016	0,018	0,065	0,098	0,052	0,057
	30	0,054	0,077	0,074	0,047	0,021	0,023	0,088	0,137	0,093	0,075
	60	0,077	0,104	0,094	0,063	0,026	0,029	0,124	0,177	0,119	0,108
	75	0,085	0,11	0,104	0,066	0,031	0,033	0,147	0,218	0,139	0,099
	90	0,086	0,123	0,113	0,075	0,033	0,036	0,163	0,22	0,153	0,111
	120	0,113	0,156	0,135	0,106	0,034	0,041	0,191	0,244	0,186	0,138

Alüminyum sülfat ve demir sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, yıkanmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ceviz odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,022 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,319 abs olarak gözlenmiştir.

Meşe odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde, alüminyum sülfat ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Kontrol (mordansız), Sirke ve demir sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, yıkanmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Meşe odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,034 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,244 abs olarak gözlenmiştir.

3.2. pH 7 de yıkanma verileri

Sarıçam odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde, alüminyum sülfat kullanıldığında klasik ve ultrasonik boyama işleminde herhangi bir farklılık gözlenmezken, kontrol (mordansız), demir sülfat ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda klasik yöntemle oranla daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise klasik yöntemle yapılan boyamada, ultrasonik yöntemle oranla yıkanmanın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sarıçam odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,018 abs, en fazla yıkanma ise sirke karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,072 abs olarak gözlenmiştir.

Kayın odununun; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerinde yıkanma deney verileri incelendiğinde, kontrol (mordansız), alüminyum sülfat ve demir sülfat mordanları ile yapılan boyama işleminde, ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma görülürken, bakır sülfat ve sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise klasik yöntemle yapılan boyama örneklerinde yıkanmanın daha fazla gerçekleştiği gözlenmiştir. Kayın odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,013 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,064 abs olarak gözlenmiştir.

Ceviz odununun; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerinde yıkanma deneyleri sonucunda tüm örneklerde zamanla kısmi bir desorpsiyon eğilimi (alüminyum ile renklendirilen örnekler hariç) gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordansız), demir sülfat, alüminyum sülfat ve bakır sülfat kullanılarak yapılan uygulamalarda ultrasonik yöntemle yapılan örneklere oranla daha fazla yıkanma gözlenmekte iken, sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise klasik yöntemle yapılan boyama örneklerinde yıkanmanın daha fazla gerçekleştiği gözlenmektedir.

Tablo 5. pH 7 de kök boya yıkanma verileri

Ağaç türü	Yıkama Süresi (dk)	Kontrol		Demir sülfat		Alüminyum sülfat		Bakır sülfat		Sirke	
		UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB
Sarıçam	5	0,019	0,016	0,023	0,016	0,005	0,004	0,021	0,02	0,016	0,023
	15	0,031	0,023	0,034	0,021	0,008	0,007	0,026	0,024	0,022	0,034
	30	0,036	0,025	0,038	0,024	0,009	0,009	0,032	0,029	0,03	0,043
	60	0,042	0,033	0,044	0,027	0,011	0,011	0,038	0,035	0,038	0,05
	75	0,044	0,035	0,048	0,031	0,015	0,013	0,044	0,039	0,044	0,054
	90	0,045	0,037	0,051	0,036	0,017	0,016	0,049	0,043	0,051	0,061
	120	0,046	0,039	0,055	0,04	0,019	0,018	0,058	0,048	0,06	0,072
Kayın	5	0,019	0,019	0,009	0,008	0,005	0,003	0,017	0,024	0,015	0,025
	15	0,022	0,023	0,018	0,013	0,006	0,003	0,022	0,035	0,021	0,031
	30	0,027	0,026	0,025	0,015	0,011	0,008	0,025	0,039	0,028	0,033
	60	0,034	0,028	0,034	0,02	0,014	0,011	0,031	0,049	0,034	0,047
	75	0,038	0,03	0,04	0,025	0,016	0,013	0,035	0,055	0,035	0,051
	90	0,042	0,033	0,046	0,028	0,018	0,011	0,039	0,058	0,038	0,054
	120	0,047	0,034	0,057	0,033	0,021	0,013	0,043	0,064	0,043	0,061
Ceviz	5	0,031	0,022	0,019	0,009	0,004	0,005	0,037	0,04	0,02	0,026
	15	0,036	0,034	0,031	0,026	0,005	0,006	0,043	0,05	0,043	0,039
	30	0,049	0,042	0,043	0,027	0,007	0,007	0,066	0,064	0,045	0,057
	60	0,07	0,063	0,06	0,037	0,009	0,012	0,087	0,088	0,06	0,069
	75	0,074	0,066	0,065	0,043	0,011	0,012	0,102	0,093	0,067	0,078
	90	0,079	0,073	0,071	0,045	0,01	0,01	0,111	0,105	0,071	0,087
	120	0,096	0,081	0,081	0,051	0,012	0,012	0,136	0,122	0,086	0,096
Meşe	5	0,024	0,022	0,009	0,005	0,005	0,003	0,029	0,012	0,015	0,028
	15	0,034	0,033	0,014	0,008	0,006	0,006	0,038	0,026	0,032	0,045
	30	0,044	0,041	0,018	0,013	0,008	0,009	0,059	0,025	0,039	0,065
	60	0,053	0,048	0,023	0,017	0,009	0,011	0,071	0,042	0,057	0,083
	75	0,056	0,051	0,028	0,018	0,01	0,013	0,083	0,044	0,058	0,089
	90	0,063	0,053	0,026	0,019	0,012	0,016	0,087	0,054	0,063	0,097
	120	0,067	0,06	0,032	0,025	0,015	0,019	0,099	0,06	0,08	0,121

Ceviz odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının iki boyama yöntemiyle de uygulandığı örneklerde 0,012 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,136 abs olarak gözlenmiştir.

Meşe odununun; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, yapılan klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerinde yıkanma deneyleri sonucunda tüm örneklerde zamanla kısmi bir desopsiyon eğilimi (alüminyum sülfat ve kontrol (mordansız) örnekler hariç) gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordansız), demir sülfat ve bakır sülfat örneklerinde ultrasonik yöntem kullanıldığında daha fazla yıkanma gözlenmekte iken, alüminyum sülfat ve sirke kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise klasik yöntemle daha fazla yıkanma gerçekleştiği gözlenmiştir. Meşe odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,015 abs, en fazla yıkanma ise sirke karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,121 abs olarak gözlenmiştir.

3.3. pH 9 da yıkanma verileri

Sarıçam odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde; alüminyum sülfatta, klasik ve ultrasonik boyamada fark olmadığı, kontrol (mordansız), bakır sülfat, Sirke ve demir sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda yıkanma gözlenmiştir. Çam odununda en az yıkanma kontrol (mordansız) karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,058 abs, en fazla yıkanma ise demir sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,242 abs olarak gözlenmiştir.

Kayın odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları dikkate alındığında kontrol (mordansız), sirke ve alüminyum sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Demir sülfat ve bakır sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Kayın odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,016 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,259 abs olarak gözlenmiştir.

Ceviz odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deney verileri incelendiğinde, kontrol (mordansız), sirke, bakır sülfat ve alüminyum sülfat ile yapılan boyama

örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Demir sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, daha fazla yıkanmanın olduğu gözlenmiştir. Ceviz odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,030 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,308 abs olarak gözlenmiştir.

Tablo 6. pH 9 da kök boya yıkanma verileri

Ağaç türü	Yıkama Süresi (dk)	Kontrol		Demir sülfat		Alüminyum sülfat		Bakır sülfat		Sirke	
		UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB
Sarıçam	5	0,031	0,027	0,046	0,07	0,028	0,029	0,094	0,053	0,049	0,038
	15	0,035	0,035	0,049	0,08	0,031	0,032	0,096	0,068	0,069	0,068
	30	0,058	0,056	0,052	0,105	0,043	0,039	0,115	0,09	0,095	0,098
	60	0,055	0,065	0,07	0,16	0,051	0,051	0,127	0,103	0,099	0,11
	75	0,056	0,07	0,067	0,183	0,058	0,055	0,148	0,111	0,096	0,115
	90	0,074	0,067	0,068	0,204	0,061	0,059	0,143	0,145	0,098	0,124
	120	0,058	0,067	0,077	0,242	0,065	0,065	0,167	0,189	0,091	0,118
Kayın	5	0,02	0,027	0,037	0,049	0,015	0,021	0,063	0,083	0,03	0,026
	15	0,024	0,031	0,046	0,042	0,016	0,024	0,106	0,11	0,044	0,041
	30	0,033	0,042	0,052	0,041	0,016	0,026	0,129	0,133	0,059	0,052
	60	0,048	0,054	0,069	0,046	0,016	0,034	0,182	0,177	0,068	0,057
	75	0,042	0,058	0,077	0,05	0,018	0,027	0,194	0,189	0,061	0,062
	90	0,046	0,059	0,088	0,054	0,038	0,035	0,214	0,204	0,072	0,06
	120	0,051	0,059	0,098	0,066	0,016	0,026	0,259	0,237	0,067	0,069
Ceviz	5	0,038	0,057	0,036	0,038	0,015	0,017	0,05	0,073	0,042	0,035
	15	0,052	0,045	0,052	0,039	0,018	0,02	0,093	0,122	0,057	0,073
	30	0,075	0,065	0,06	0,047	0,022	0,023	0,113	0,151	0,086	0,102
	60	0,088	0,094	0,096	0,069	0,022	0,022	0,159	0,203	0,105	0,132
	75	0,096	0,099	0,103	0,076	0,023	0,028	0,186	0,232	0,118	0,148
	90	0,101	0,112	0,116	0,092	0,029	0,031	0,197	0,258	0,13	0,155
	120	0,116	0,127	0,147	0,113	0,030	0,032	0,248	0,308	0,140	0,181
Meşe	5	0,032	0,043	0,033	0,041	0,015	0,011	0,047	0,047	0,039	0,033
	15	0,042	0,045	0,039	0,034	0,016	0,013	0,071	0,076	0,064	0,054
	30	0,053	0,06	0,042	0,032	0,018	0,014	0,078	0,088	0,081	0,088
	60	0,068	0,076	0,059	0,043	0,02	0,017	0,103	0,13	0,112	0,103
	75	0,084	0,081	0,064	0,047	0,03	0,021	0,106	0,138	0,129	0,111
	90	0,08	0,084	0,078	0,056	0,035	0,027	0,124	0,166	0,139	0,123
	120	0,097	0,107	0,088	0,065	0,024	0,019	0,131	0,193	0,152	0,14

Meşe odunu; kök boya ve farklı mordantlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar bazı örneklerde kısmi bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir (Tablo 6). Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordantsız) ve bakır sülfat ile yapılan boyama

örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Demir sülfat, sirke ve alüminyum sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, daha fazla yıkanmanın olduğu gözlenmiştir. Meşe odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,019 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,193 abs olarak gözlenmiştir.

3.4. (40 °C) Sıcaklıkta yıkanma verileri

Sarıçam odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda genelde ilk zamanlarda tüm örneklerde kısmi bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordansız), sirke ve alüminyum sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Demir sülfat, bakır sülfat kullanılarak yapılan boyama işlemlerinde ise ultrasonik yöntemle yapılan boyamada, daha fazla yıkanmanın olduğu gözlenmiştir. Sarıçam odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,055 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,385 abs olarak gözlenmiştir.

Kayın odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde, bütün gruplarda ultrasonik yöntem ile boyama klasik yöntemle göre daha iyi yıkanma performansı göstermiştir. Kayın odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,038 abs, en fazla yıkanma ise demir sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,220 abs olarak gözlenmiştir.

Ceviz odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar bazı örneklerde hızlı bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, bütün gruplarda klasik yöntem ile boyama, ultrasonik yöntemle göre daha iyi bir yıkanma performansı göstermiştir. Ceviz odununda en az yıkanma

alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,038 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,511 abs olarak gözlenmiştir.

Meşe odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda bütün gruplarda (sirke uygulanan gruplar hariç) klasik yöntemin, ultrasonik yöntemle göre daha iyi bir performans sağladığı görülmüştür. Meşe odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,030 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,437 abs olarak gözlenmiştir.

Tablo 7. (40 °C) Sıcaklıkta kök boya yıkanma verileri

Ağaç türü	Yıkama Süresi (dk)	Kontrol		Demir sülfat		Alüminyum sülfat		Bakır sülfat		Sirke	
		UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB
Sarıçam	5	0,041	0,04	0,076	0,054	0,019	0,025	0,115	0,117	0,041	0,049
	15	0,059	0,06	0,127	0,07	0,027	0,04	0,17	0,172	0,057	0,069
	30	0,063	0,07	0,139	0,091	0,038	0,051	0,211	0,211	0,064	0,083
	60	0,08	0,085	0,195	0,11	0,056	0,054	0,297	0,261	0,083	0,105
	75	0,09	0,093	0,211	0,112	0,059	0,057	0,303	0,304	0,09	0,116
	90	0,089	0,1	0,232	0,129	0,056	0,059	0,332	0,292	0,099	0,126
	120	0,096	0,106	0,286	0,125	0,055	0,057	0,385	0,317	0,102	0,13
Kayın	5	0,035	0,036	0,044	0,035	0,016	0,023	0,048	0,047	0,045	0,054
	15	0,044	0,051	0,081	0,084	0,024	0,029	0,061	0,068	0,059	0,069
	30	0,052	0,057	0,11	0,102	0,027	0,033	0,079	0,086	0,074	0,082
	60	0,058	0,062	0,13	0,17	0,032	0,039	0,104	0,112	0,093	0,102
	75	0,063	0,074	0,142	0,181	0,034	0,039	0,112	0,123	0,109	0,115
	90	0,066	0,074	0,161	0,201	0,037	0,041	0,12	0,132	0,11	0,12
	120	0,071	0,09	0,187	0,22	0,038	0,043	0,132	0,145	0,118	0,126
Ceviz	5	0,054	0,058	0,054	0,043	0,02	0,02	0,102	0,097	0,071	0,035
	15	0,092	0,097	0,111	0,089	0,028	0,026	0,165	0,158	0,102	0,044
	30	0,107	0,112	0,139	0,135	0,032	0,029	0,227	0,213	0,131	0,052
	60	0,146	0,151	0,205	0,17	0,036	0,032	0,33	0,291	0,195	0,058
	75	0,174	0,177	0,232	0,202	0,041	0,035	0,352	0,303	0,211	0,063
	90	0,193	0,19	0,262	0,224	0,039	0,038	0,439	0,364	0,236	0,066
	120	0,226	0,215	0,318	0,275	0,042	0,038	0,511	0,42	0,256	0,071
Meşe	5	0,047	0,042	0,025	0,03	0,015	0,15	0,113	0,068	0,066	0,075
	15	0,069	0,063	0,049	0,052	0,017	0,017	0,166	0,091	0,094	0,109
	30	0,084	0,074	0,057	0,059	0,02	0,022	0,225	0,132	0,126	0,142
	60	0,114	0,092	0,088	0,084	0,03	0,028	0,31	0,177	0,177	0,196
	75	0,132	0,113	0,099	0,087	0,039	0,031	0,354	0,204	0,194	0,224
	90	0,142	0,111	0,114	0,096	0,053	0,03	0,387	0,225	0,212	0,242
	120	0,185	0,127	0,126	0,11	0,047	0,03	0,437	0,264	0,228	0,269

3.5. Çalkalama hızı 30 rpm'da yıkanma verileri

Sarıçam odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar bazı örneklerde hızlı, diğerlerinde ise kısmi bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, kontrol (mordansız) grubunda yıkanma değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Sirke, alüminyum sülfat ve demir sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Bakır sülfat ile boyama örneklerinde ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Sarıçam odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,033 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,260 abs olarak gözlenmiştir.

Kayın odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonuçları incelendiğinde, kontrol (mordansız) grubunda uygulama yöntemlerinin yıkanma değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Sirke ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Alüminyum sülfat, demir sülfat ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Kayın odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,029 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının ultrasonik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,130 abs olarak gözlenmiştir.

Ceviz odun; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri dikkate alındığında kontrol (mordansız), sirke ve bakır sülfat uygulanan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Alüminyum sülfat ve demir sülfat ile yapılan boyama örneklerinde ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Ceviz odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının klasik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,031 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,338 abs olarak gözlenmiştir. Meşe odunu; kök boya ve farklı mordanlar kullanılarak, klasik ve

ultrasonik boyama yöntemi ile renklendirilen örneklerde yıkanma deneyleri sonucunda ilk 15 dakikaya kadar bazı örneklerde hızlı bir desorpsiyon, daha sonra yavaşlama ve artan zamanla renk bırakma hızında sabitleşme eğilimi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, tablo incelendiğinde, alüminyum sülfat, sirke ve bakır sülfat ile yapılan boyama örneklerinde klasik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Kontrol (mordansız) grubu boyama örneklerinde ultrasonik yöntemle yapılan uygulamalarda daha fazla yıkanma gözlenmiştir. Meşe odununda en az yıkanma alüminyum sülfat karışımının ultrasonik yöntemle uygulandığı örneklerde 0,031 abs, en fazla yıkanma ise bakır sülfat karışımının klasik yöntem ile uygulandığı örneklerde 0,370 abs olarak gözlenmiştir.

Tablo 8. Çalkalama hızı 30 rpm’da kök boya yıkanma verileri

Ağaç türü	Yıkama Süresi (dk)	Kontrol		Demir sülfat		Alüminyum sülfat		Bakır sülfat		Sirke	
		UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB	UB	KB
Sarıçam	5	0,028	0,027	0,026	0,032	0,015	0,015	0,074	0,078	0,023	0,032
	15	0,036	0,036	0,041	0,049	0,02	0,021	0,116	0,123	0,044	0,054
	30	0,049	0,049	0,04	0,055	0,026	0,026	0,144	0,136	0,057	0,079
	60	0,061	0,06	0,064	0,105	0,038	0,03	0,188	0,174	0,074	0,083
	75	0,072	0,066	0,073	0,113	0,039	0,028	0,202	0,187	0,071	0,087
	90	0,064	0,066	0,083	0,121	0,038	0,029	0,223	0,2	0,076	0,094
	120	0,068	0,068	0,091	0,121	0,034	0,033	0,26	0,212	0,079	0,102
Kayın	5	0,023	0,021	0,022	0,021	0,015	0,041	0,026	0,055	0,021	0,033
	15	0,031	0,03	0,038	0,026	0,019	0,047	0,051	0,083	0,031	0,04
	30	0,034	0,039	0,042	0,018	0,023	0,064	0,062	0,176	0,039	0,049
	60	0,038	0,04	0,09	0,04	0,026	0,025	0,078	0,072	0,049	0,057
	75	0,042	0,046	0,103	0,045	0,029	0,025	0,091	0,081	0,053	0,061
	90	0,048	0,049	0,115	0,05	0,036	0,025	0,107	0,096	0,056	0,067
	120	0,054	0,054	0,124	0,054	0,041	0,029	0,13	0,107	0,06	0,071
Ceviz	5	0,029	0,042	0,032	0,027	0,009	0,019	0,059	0,087	0,028	0,039
	15	0,042	0,062	0,055	0,049	0,011	0,022	0,097	0,113	0,056	0,078
	30	0,057	0,087	0,068	0,064	0,016	0,022	0,156	0,146	0,07	0,102
	60	0,078	0,118	0,121	0,115	0,02	0,031	0,183	0,228	0,088	0,125
	75	0,09	0,135	0,137	0,128	0,022	0,031	0,196	0,263	0,093	0,14
	90	0,096	0,153	0,153	0,144	0,025	0,031	0,21	0,295	0,103	0,153
	120	0,112	0,171	0,172	0,168	0,032	0,031	0,246	0,338	0,113	0,168
Meşe	5	0,036	0,028	0,028	0,024	0,013	0,016	0,055	0,088	0,043	0,045
	15	0,04	0,038	0,042	0,044	0,02	0,02	0,083	0,148	0,06	0,075
	30	0,05	0,05	0,049	0,047	0,02	0,025	0,11	0,187	0,078	0,092
	60	0,065	0,062	0,078	0,075	0,028	0,032	0,137	0,244	0,104	0,113
	75	0,072	0,07	0,089	0,089	0,027	0,028	0,158	0,275	0,108	0,124
	90	0,088	0,081	0,096	0,095	0,026	0,028	0,177	0,309	0,129	0,136
	120	0,097	0,094	0,097	0,099	0,031	0,033	0,21	0,37	0,131	0,155

4. Sonuç ve Öneriler

Yıkanma sonuçlarına göre; pH'5 de yıkanmanın sarıçam ve ceviz cehri boya + demir sülfat, kayın odununda cehri boya + sirke, ve meşe odununda ise cehri boya + alüminyum sülfat karışımı uygulanan örneklerde en az derecede olduğu gözlenmiştir. Buna göre sarıçam ve ceviz odununda cehri boya ile demir sülfat, kayın odununda cehri boya ile sirke, ve meşe odununda ise cehri boya ile alüminyum sülfat daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

pH'7 de yıkanmanın sarıçam ve kayın cehri boya + alüminyum sülfat, ceviz odununda cehri boya + bakır sülfat, ve meşe odununda ise cehri boya + alüminyum sülfat karışımı uygulanan örneklerde en az derecede olduğu gözlenmiştir. Buna göre sarıçam ve kayın odununda cehri boya ile alüminyum sülfat, ceviz odununda cehri boya ile bakır sülfat, ve meşe odununda ise cehri boya ile alüminyum sülfat daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

pH'9 da yıkanmanın sarıçam, kayın, ceviz ve meşe odununda cehri boya + alüminyum sülfat, karışımı uygulanan örneklerde en az derecede olduğu gözlenmiştir. Buna göre cehri boya ile alüminyum sülfatın daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

40 °C sıcaklıkta yıkanmanın sarıçam, meşe ve kayın odunlarında, cehri boya + alüminyum sülfat karışımı, ceviz odununda ise cehri boya + demir sülfat uygulanan örneklerde en az derecede olduğu gözlenmiştir. Buna göre sarıçam meşe ve kayın odunlarında cehri boyası ile alüminyum sülfatın, ceviz odununda cehri boyası ile demir sülfatın daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

Çalkalama hızı 30 rpm de yıkanmanın sarıçam, kayın ve meşe odununda cehri boyası + alüminyum sülfat, ceviz odununda ise cehri boyası + demir sülfat karışımı uygulanan örneklerde en az derecede olduğu gözlenmiştir. Buna göre sarıçam, kayın ve meşe odunu cehri boyası ile alüminyum sülfat, ceviz odununda cehri boyası ile demir sülfatın ve meşe odununda ise alüminyum sülfatın daha iyi bir tutunma sağladığı gözlenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 110O141 numara ve “Ultrasonik Yöntem Kullanılarak Bitki Boyaları İle Boyanan Ahşap Malzemenin Yıkanma Performansları

(Boya Tutunma) ve UV-Hızlı Yaşlandırma Şartları Altındaki Renk Değişim Değerlerinin Belirlenmesi” isimi ile 1001 projesi olarak desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] Peker, H. Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklere Emprenye Maddelerinin Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, 1997.
- [2] Bozkurt, Y., Göker, Y. Orman Ürünlerinden Faydalanma, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 1986; Yayın No:3402. 379s.
- [3] Kurtoğlu, A. Ahşap Malzemenin Korunması, Kimyasal Odun Koruma Maddelerinin Çevre Sağlığına Etkileri, Milli Produktivite Merkezi Yayınları: 338, Ankara. 253s. 1988.
- [4] Salthammer, T., Bednarek, M., Fuhrmann, F., Funaki, R., Tanabe, S.I. Formation of Organic Indoor Air Pollutants by UV-Curing Chemistry, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 2002; 152: 1-9.
- [5] Tsatsaroni, E., Liakopoulou, K., Eleftheriadis, M.I. Comparative Study of Dyeing Properties of Two Yellow Natural Pigments-Effect of Enzymes and Proteins, Dyes and Pigments 1998; 37 (4): 307-315.
- [6] Kamel, M. M., Reda M., El-Shishtawy, B.M. Yusef, H., Mashaly. Ultrasonic Assisted Dyeing: III. Dyeing of Wool With Lac as a Natural Dye. Dyes and Pigments 2005; 65: 103-110.
- [7] Calogero, G., G. Di., Marco. Red Sicilian Orange and Purple Eggplant Fruits as Natural Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells, Solar Energy Materials & Solar Cells 2008; 92: 1341-1346.
- [8] Kızıllı, S. 2005. Muhabbet Çiçeğinde (*Reseda Lutea* L.) Farklı Ekim Sıklıklarının Bazı Bitkisel Özellikler Üzerine Etkisi, Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya, Araştırma Sunusu Cilt I, 263-266.
- [9] Göktaş, O., E. M. Duru, M. Yeniocak, E. Ozen. Determination of the Color Stability of an Environmentally Friendly Wood Stain Derived from Laurel (*Laurus Nobilis* L.) Leaf Extracts Under UV Exposure, Forest Products Journal 2008; 58 (1/2): 77-80.

- [10] Göktaş, O. Bitkilerden Elde Edilmiş Boyaların Bina İçi Ahşap Malzemelerde Kullanımı. Bir Saha Çalışması (Hüdavendigâr Mahallesi Biltekin Sokak No:10 Osmangazi/Bursa), 2009.
- [11] Karadağ, R. Doğal Boyamacılık. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Geleneksel El Sanatları ve Mağazalar İşletme Müdürlüğü Yayınları No:3, Ankara, 2007a.
- [12] Böhmer, H. Koekboya. Ganderkesee, Germany, 2002. 116-117.
- [13] Sato, K., Kubota, H., Goda, Y., Yamada, T., Maitani, T. Glutathione Enhanced Anthraquinone Cultures Production in Adventitious Root Cultures of *Rubia tinctorum* L. Plant Biotechnology 1997; 14 (1): 63-66.
- [14] Derksen, G.C.H., van Beek, T.A., de Groot E., Capelle, A. Highperformance Liquid Chromatographic Method For The Analysis Of Anthraquinone Glycosides And Aglycones In Madder Root (*Rubia tinctorum* L.). Journal of Chromatography A 1998; 816: 277-281.
- [15] Karadağ, R., Dölen, E. Re-Examination of Turkey Red. Annali di Chimica 2007b; 97 (7), 583-587.
- [16] Clementi, C., Nowik, W., Romani, A., Cibir, F., Favaro, G. A Spectrometric and Chromatographic Approach to The Study of Ageing of Madder (*Rubia Tinctorum* L.) Dyestuff on Wool. Analytica Chimica Acta 2007; 596: 46-54.
- [17] De Santis, D., Moresi, M. Production of Alizarin Extracts from *Rubia tinctorum* and Assessment of their Dyeing Properties. Industrial Crops and Products 2007; 26: 151-162.
- [18] TS 4176, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Mescerelerden Numune Alma ve Laboratuar Numunesi Alınması. T.S.E., Ankara. 1984.