ISSN 1307-9840
YAZ 2019, SAYI 22
SUMMER 2019, ISSUE 22

Doğal Boya Uygulamalarının Değişen Yüzü ve Yenilikçi Yaklaşımlar*

Özlenen ERDEM İŞMAL*

Erdem İşmal, Ö. (2019). Doğal boya uygulamalarının değişen yüzü ve yenilikçi yaklaşımlar, YEDİ: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi, Yaz 2019 (22), s. 41- 58.

Derleme makale / Review article

Özet

Günümüzde doğal boya uygulamaları bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile kimya, fizik, biyoloji, biyoteknoloji, elektrik-elektronik gibi farklı bilim dalları arasındaki disiplinlerarası çalışmaların bir sonucu olarak, bilinen geleneksel uygulamaların çok ötesine geçmiştir. Bu çalışmada doğal boya uygulamalarına ilişkin bazı görüş ve öneriler sunulmuş, gıda, içecek, tarımsal ve endüstriyel atıkların/yan ürünlerin doğal boyamada kullanımı, biyomordanlar, tekstil ürünlerine çok işlevli bitim işlemi etkileri kazandırılması (antibakteriyel, UV koruyucu, haşere kovucu, koku giderici) ve ekolojik modern yöntemlerin (plazma, enzim, ozon, kitosan, ultrason, mikrodalga, UV, gama ışınları vd.) uygulanması konularındaki bazı güncel gelişmeler ele alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: Doğal boya, atık/yan ürün, mordan/biyomordan, işlevsel (fonksiyonel) tekstil ürünleri, plazma, mikrodalga, enzim, ultrason

Changing Face of Natural Dye Applications and Innovative Approaches

Abstract

Nowadays, natural dye applications have gone beyond well known traditional practices as a result of scientific and technological developments and interdisciplinary studies among different disciplines such as chemistry, physics, biology, biotechnology, electric-electronics. In this study, some opinions and suggestions about natural dyeing applications are presented, usage of food, beverage, agricultural and industrial wastes/by-products in natural dyeing, biomordants, imparting multifunctional finishing effects to textiles (antibacterial, UV protection, insect repellent, deodorizing) and some recent developments in the application of modern ecological methods (plasma, enzyme, ozone, chitosan, ultrasound, microwave, UV, gamma rays, etc.) are discussed.

Keywords: *Natural dye, waste/by-product, mordant/biomordant, functional textiles, plasma, microwave, enzyme, ultrasound*

Bu makale hakem değerlendirmesinden geçmiştir.

* *Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, Tekstil Tasarımı Anasanat Dalı, ozlenen.ismal@deu.edu.tr ORCID: 0000-0002-5428-6249*

Makale geliş tarihi: 01.04.2019 / Yayına kabul tarihi: 14.05.2019

Giriş

Tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde doğal boyaların tarihsel, kültürel, ekonomik bir önemi ve değeri vardır. Her ülkenin kendine özgü yerel doğal boya kaynakları bulunmaktadır ve bunlar yüzyıllar boyunca göçler, kültürel ve ticari alışverişler yoluyla dünya üzerinde yayılarak gelişim göstermişlerdir. Endüstriyel gelişime bağlı olarak ortaya çıkan küresel ısınma, hava ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi çok farklı boyutlardaki zararlı çevresel etkiler, her alandaki üretim ve araştırmaların ekolojik boyutunun dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ekolojik kısıtlamalar azalan su kaynakları ve kimyasal atık sorunları tekstil sektörünü değişik alternatifler aramaya itmiştir. Bu yaklaşım farklılıkları güneş enerjisi kullanımından organik lif seçimine, çevre dostu üretim yöntemlerinden, geri dönüşümle kazanılan lif, su, boya, kumaş ve doğal boyalara uzanan geniş bir çerçevede yapılan araştırmaları kapsamaktadır.

Doğal boyalar sadece tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde değil, eczacılık, kozmetik, gıda gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar. Doğal boya hammaddesinin büyük miktarlarda elde edilmesi ve sürekliliğinin gerekmesi, standardizasyon zorlukları, kullanılan doğal boya kaynağına bağlı olarak yüksek olabilen boyama maliyetleri ve sınırlı olabilen renk paleti gibi bazı olumsuz genel kabuller söz konusudur. Ancak yenilebilir kaynaklardan elde edilebilmeleri, doğayla uyumlu olmaları ve kolay parçalanabilmeleri, UV ışınlarından koruma, antibakteriyel özellikleri gibi avantajları doğal boyaları cazip hale getirmektedir.

Bilimsel araştırmalar ekolojik bir yaklaşımla biyoteknoloji ve diğer modern teknikleri kullanarak renk verimi ve haslık özelliklerinin artırılması suretiyle doğal boyalarla renklendirme sonuçlarının iyileştirilebildiğini göstermektedir. Güncel durum dikkate alındığında doğal boyarmaddelerin hayata geçirilmesine yönelik çalışmaların oldukça geniş bir yelpazeye yayıldığı görülmektedir. Renk ve haslık incelemelerinin yapıldığı laboratuvar çalışmaları, tekstil işletmeleriyle işbirlikleri, çevresel etki değerlendirmeleri, su-enerji tüketimi gibi ekolojik ve mali analizlerin gerçekleştirilmesi, metal ve kimyasal içeriklerin incelenmesi ile ilgili çok sayıda araştırma vardır. Doğal boyaların tekstilde kullanımına yönelik çalışmaların esas olarak aşağıda belirtilen konular üzerinde odaklandığı görülmektedir:

- Tarihsel öneme sahip geleneksel doğal boya bitkilerinin yeniden canlandırılması ve tarımlarının yapılması,
- Gıda/içecek/tarım gibi endüstriyel atıklardan ve yan ürünlerden doğal boya elde edilmesi,
- Alternatif yeni doğal boya kaynaklarının ortaya çıkartılması,
- Metal mordanlara alternatif olarak yeni doğal mordanların ortaya çıkartılması,
- En uygun (optimum) özütleme (ekstraksiyon) ve boyama işlem koşullarının (yöntem, sıcaklık, süre, pH, kullanılan boya, mordan, yardımcı maddeler vd.) belirlenmesine yönelik optimizasyon yöntemlerini uygulayarak çevresel etki ve maliyetlerin azaltılması,
- Ultrason (US, ses ötesi dalgalar), plazma, ozon gazı, enzim, mikrodalga, gama ışınları, ultraviole (UV, mor ötesi ışınlar) gibi çevre dostu yeni ve alternatif modern teknolojileri kullanarak boyama/haslık özelliklerinin iyileştirilmesi, bu yöntem ve teknolojiler sayesinde kullanılan metal mordan miktarlarının azaltılması,
- Doğal boyaların bazı dezavantajlarının ortadan kaldırılmasına yönelik olarak daha ekonomik ve ekolojik boyama sistemlerinin ortaya koyulması,
- Geleneksel olarak doğal liflere uygulanmakta olan doğal boyaların yapay (rejenere ve sentetik) liflerin renklendirilmesinde de kullanılmaları,
- Tekstil ürünlerini doğal boyalarla renklendirirken yapısal özellikleri sayesinde aynı zamanda bitim işlemi etkileri sağlanması; koku güzelleştirici/önleyici, antimikrobiyal, güve/böcek/haşare kovucu, UV ışınlarından koruyuculuk gibi işlevsel (fonksiyonel) ve çok işlevli özellikler kazandırılması.

Başlıca bitkisel esaslı doğal boyarmadde kaynakları üç grupta ele alınabilir:

1) Tarım yoluyla elde edilen boyarmadde içeren bitkiler (kök boya, indigo, muhabbet çiçeği vd.)
2) Tarım ve orman ürünlerinden elde edilen atıklar ve yan ürünler (kereste atıkları, ağaç kabukları, tarımsal hasat sonrası artakalan bitkisel kısımlar/kabuklar/saplar vd.)
3) Gıda ve içecek endüstrisinden elde edilen atıklar ve yan ürünler (konserve ve meyve suyu üretiminden gelen sebze-meyve posaları, çekirdekler, zeytinyağı üretiminden gelen posalar ve atık sular, vd.)

Doğal boyalar klasik olarak bitkisel, hayvansal, mineral esaslı olarak ele alınmakla birlikte yeni araştırmalar ve gelişmeler ışığında bunlara bakteriler/mantarlar/likenlerden elde edilen doğal boyaları da eklemek gerekir.

Mikrobiyal pigmentlerin doğal boya olarak tekstil boyacılığında kullanımı ilgi çekmektedir. Doğal boya kaynağı olarak mikrobiyal pigmentlerin güncel durumu ve olası gelişmeler değerlendirilmiştir (Tuli, Chaudhary, Beniwal, &Sharma, 2015). Bu konuda çeşitli araştırmalar vardır. *Tricho-*

derma virens, Alternaria alternata ve Curvularia lunata esaslı üç mantardan (Sharma, Gupta, Aggarwa & Nagpal, 2012), *Serratia marcescens*'den (Ren, Gong, Fu, Zhang, Fang, & Liu, 2018) ve *Talaromyces spp*.'den (Oyervides, Oliveira, Gallagher, Zavala, & Montanez, 2017) izole edilen bakteriyel pigmentler tekstil boyamacılığında kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

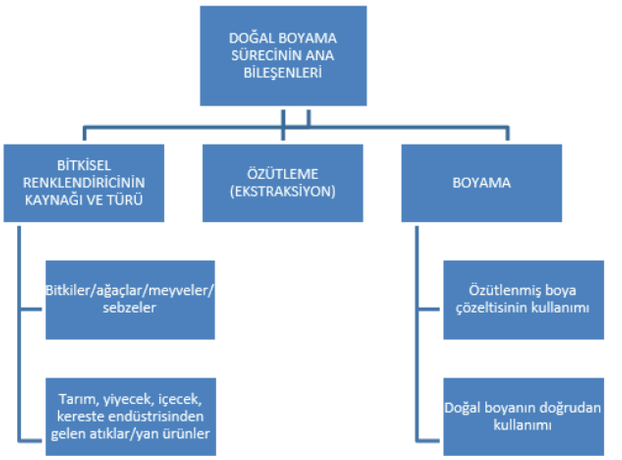
Özellikle son 10-15 yıldır yapılan doğal boyaların tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde kullanımıyla ilgili araştırmalar doğal boyama yöntem ve teknikleriyle ilgili görünümü önemli ölçüde değiştirerek farklı bakış açılarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bugün artık, ileri tekniklerin kullanıldığı daha gelişmiş ve çok yönlü doğal boyama süreçleri söz konusudur. Doğal boyalarla yapılan işlevsel bitim işlemleri, gıda boyaları ve ışığa duyarlı boyalardan yapılmış güneş pilleri son gelişmeler arasında sayılabilirler. Doğal boyaların kozmetik, sağlık, kimya alanlarında da yaygın olarak kullanımları söz konusudur.

Bu çalışmada, doğal boyaların uygulamaları ile ilgili bir takım görüş ve saptamaların yanı sıra, son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar ışığında; atıkların doğal boyarmadde kaynağı olarak değerlendirilmesi, biyomordan kullanımı ve metal mordanlara alternatif arayışları, ekolojik modern yöntemler/teknolojilerin kullanımı ve doğal boyalar sayesinde tekstil ürünlerine bazı işlevsel bitim işlemi etkileri kazandırılması kapsamında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bazı araştırmaların bunların kombinasyonlarını içerdiği görülmektedir.

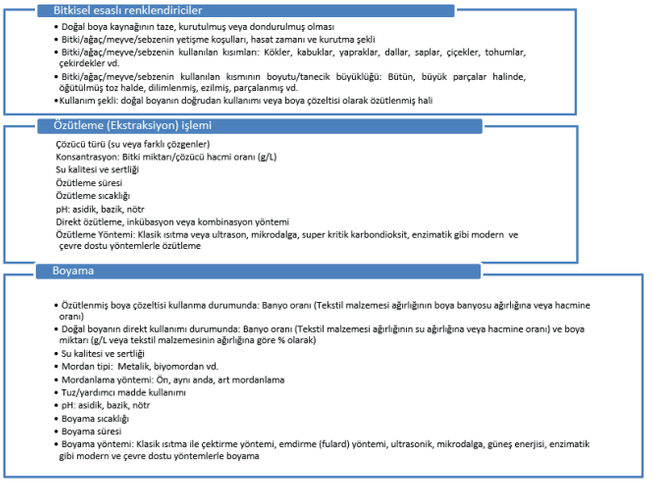
Doğal Boyamacılıkta Boyama Sonuçlarını Belirleyen Etkenler

Doğal boya kaynağının cinsi, kurutma şekli, kullanılan kısmı, özütleme (ekstraksiyon) şekli ve koşulları (su/kimyasal çözgen kullanımı, nötr/asidik/bazik ortam (pH), sıcaklık, süre), boyama koşulları (nötr/asidik/bazik ortam (pH), sıcaklık, süre) elde edilecek sonuçları etkileyen başlıca etkenlerdir.

Şekil 1'de daha yaygın kullanımları açısından bitkisel boyarmadde kaynakları esas alınarak, doğal boyama sürecinin ana bileşenleri, Şekil 2'de ise bu bileşenlerde renk verimi (koyuluğu), renk koordinatları ve haslık özelliklerini belirleyen değişkenler görülmektedir. Ayrıca, klasik ön terbiye işlemlerinin (haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma, merserizasyon vd.) yanı sıra, boyama öncesinde kumaşa/boyaya plazma, enzimatik işlem, UV ve gama ışınları uygulama gibi ön işlemler de etkili olmaktadır.



Şekil 1. Doğal boyama sürecinin ana bileşenleri



Şekil 2. Doğal boyama bileşenlerinde boyama sonuçlarını belirleyen etkenler.

Mordanlar boya alımını ve fiksajını iyileştiren, elde edilen rengi ve haslık özelliklerini belirleyen metal tuzları, metal iyonları içeren doğal bileşikler veya diğer kompleks oluşturucu maddelerdir. Renk verimi ve koordinatları mordan cinsi ve mordanlama yöntemine önemli derecede bağlıdır. Her mordan farklı boyarmadde kompleksi meydana getirerek tamamen farklı renkler ve haslık özellikleri elde edilmesini sağlar (İşmal ve Yıldırım, 2019).

Mordan maddesinin cinsine, türüne ve mordanlama yöntemine (ön, aynı anda, art mordanlama) bağlı olarak bir doğal boya ile oldukça geniş bir aralıkta değişik renkler, koyuluklar ve renk haslık değerleri elde edilebilmektedir. Sadece mor-

dan türünü değiştirerek bile aynı doğal boya ile birbirinden çok farklı boyama sonuçları elde edilebilir. Geleneksel mordan maddelerinin birçoğu alüminyum, demir, bakır, kalay, krom gibi ağır metallerin tuzlarıdır. Bunların çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri eleştirilmektedir. Daha eski yıllarda bakır sülfat ve potasyum bikromat gibi toksik etkili metal tuzları yaygın şekilde kullanılmaktayken günümüzde ekolojik konuların önem kazanması nedeniyle bu mordan maddelerinden kaçınılmaktadır ve neredeyse yasaklanmış durumdadırlar. Kalayın sınırlı şekilde kullanımına izin verilmektedir. Potasyum alüminyum sülfat (şap), alüminyum sülfat, alüminyum asetat gibi alüminyum bileşikleri ve demir sülfat gibi demir içeren bileşikler ekolojik olarak daha güvenli ve tercih edilen metal mordanlardır. Ancak bunların da mümkün olabilecek en düşük miktarlarda kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Günümüzde klasik ön terbiye, boya, baskı ve bitim işlemlerinde toksik, alerjen ve zararlı etkileri olduğu bilinen bazı sentetik boyarmaddeler, kimyasallar, tuzlar, asitler, bazik maddeler, yardımcı maddeler, deterjanlar, haşıl sökücü/ağartıcı/kompleks oluşturucu/ıslatıcı/yumuşatıcı/bitim işlemi/yıkama maddeleri kullanılmaktadır. Zararlı etkileri nedeniyle eleştirilen UV ışınları, ozon, metaller, formaldehit vd. doğada; toprakta, havada, suda, bitkilerde, meyve ve sebzelerde de bulunmaktadır. Dolayısıyla maddelerin kullanım ve maruz kalınan konsantrasyonları önem kazanmaktadır. Bu bağlamda bazı metaller ve kimyasal maddelerin kullanımı tamamen yasaklı olmayıp, Oekotex® resmi sitesinde (https://www.oeko-tex.com/en/business/certifications_and_services/ots_100/ots_100_limit_values/ots_100_limit_values.xhtml) görülen standartlardaki ekolojik kriterlere göre belirli sınırlar içinde kullanımlarına izin verilmektedir. Geleneksel reçete ve yöntemler sorgulanıp gözden geçirilerek daha az boya/kimyasal/yardımcı maddenin kullanıldığı, daha az su-enerjinin tüketildiği ekolojik ve sürdürülebilir üretim yöntemleri uygulanabilir.

Her deneysel çalışmada ve araştırmada olduğu gibi doğal boya uygulamalarında da optimizasyon yapılması gereklidir. Optimizasyon belirli koşullarda bir işi en iyi şekilde yapmak yani en iyi sonuçları elde etmek için en uygun çalışma koşullarını/değişkenlerin en iyi değerlerini belirlemek olarak tanımlanabilir. Bu, hem ekonomik hem ekolojik olarak önemli bir yaklaşımdır.

Günümüzde de doğal boyaların olumlu/olumsuz özellikleri ve uygulama koşullarıyla ilgili olarak, bir kısmı bilimsel çalışmalara, ölçümlere dayandırılmayan ve günümüze kadar aktarılagelen bazı genel kabuller ve basmakalıp söylemler olduğu görülebilir. Örneğin doğal boyaların renk paletlerinin kısıtlı olduğu, renk haslıklarının çok düşük olduğu, daha pahalı oldukları, ekolojik oldukları gibi genellemeler söz konusudur. Öte yandan, tüm doğal maddelerin tamamen güvenli ve çevre dostu olduklarını söylemek de mümkün değildir. Bu bağlamda doğal boyalar da dahil olmak üzere hiç bir lif/madde/üretim süreci vd. için Yaşam Döngüsü Analizi (Life Cycle Assessment, LCA), bilimsel ölçümler ve değerlendirmeler yapmadan ekolojik oldukları ya da olmadıkları konusunda kesin yargılardan kaçınmakta yarar vardır.

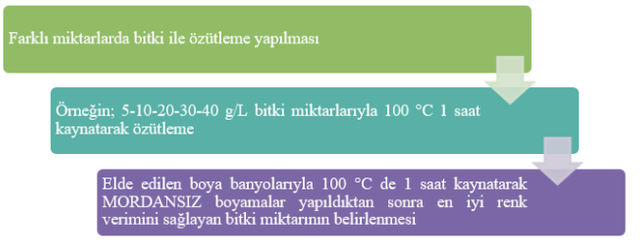
Özellikle daha eski yıllara ait geleneksel uygulamalar ve kaynaklar incelendiğinde, daha çok genel kabuller üzerinden giderek daha önceki reçeteleri aynen uygulayarak benzeri boya ve mordan miktarlarını kullanma eğiliminin olduğu görülmektedir. Günümüzde ise her bir doğal boya için optimizasyon yapıp en verimli sonuçların elde edildiği reçeteleri elde etmenin önemi açıktır. Reçeteler ve boyama koşulları doğrudan doğruya elde edilen rengin cinsini, koyuluğunu ve renk haslık değerlerini (yıkama, ışık, sürtünme, ter vd.) etkilediği için daha dar renk paletlerinin elde edilmesine yol açabileceği gibi, daha iyi koyuluk ve haslık değerlerinin elde edilmesini de engelleyebilir. Dolayısıyla, doğal boyaların renk paletlerinin darlığı, haslık değerlerinin düşüklüğü gibi yaygın kanıların bir kısmının bunlardan kaynaklanmış olduğu da düşünülebilir.

Metalik mordanlar doğal boya uygulamalarının ekolojik zarar konusunda en çok eleştirilen noktalarından bir tanesidir. Ancak burada kullanılan metal mordan konsantrasyonunun kritik öneme sahip olduğu söylenebilir. Tekstile bağlanan ve atık suda bulunan metal mordan miktarlarını analiz ederek metal içeriklerinin eko standartlarda izin verilen sınırlar içinde olup olmadıklarını kontrol ederek yorum yapmakta yarar vardır. Optimizasyon yapmaksızın daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanarak doğrudan, örneğin; % 10-20 gibi yüksek miktarlarda mordan kullanımından kaçınılması daha iyi bir yaklaşım olabilir. Farklı mordan konsantrasyonlarını deneyerek boyama verimi ve haslık kontrolundan sonra mümkün olan en düşük miktar kullanılmalıdır. Zira mordan miktarı arttığında doğru orantılı olarak renk koyuluğu ve haslık yükselir şeklinde bir kural yoktur. Benzeri durum kullanılan doğal boya miktarı için de geçerlidir. Doğal boya ve mordan cinsine bağlı olarak tersi de olabilmekte ve belirli bir konsantrasyona kadar koyuluk artmakta ondan sonra ise hiçbir değişiklik olmamaktadır. Bu durumda en koyu rengi veren en düşük miktarı kullanmak

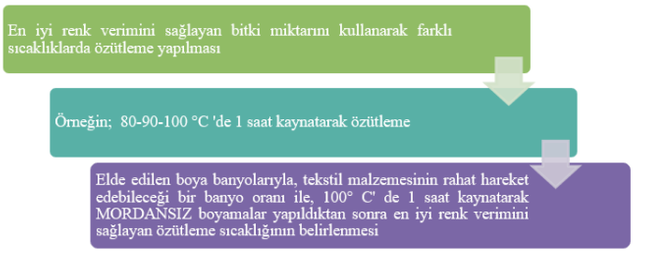
hem ekolojik hem de ekonomik olarak önemlidir. Kullanılacak doğal boya kaynağı miktarına karar verirken geleneksel uygulamalara dayanarak genellikle 1:1 (lif ağırlığı/bitki ağırlığı) oranına uyulduğu yani boyanacak lif ağırlığı kadar doğal boya kullanıldığı görülmektedir. Bademin dış yeşil kabukları ile yapılan çalışmalarda (İşmal ve Yıldırım, 2012; İşmal, Özdoğan & Yıldırım, 2013; İşmal, Yıldırım, & Özdoğan, 2014, İşmal, Yıldırım & Özdoğan, 2015) optimizasyon işleminin bir sonucu olarak hem bitki hem metal mordan miktarları genel kabullerin çok daha altına düşürülmüştür. Kumaş ağırlığının üçte biri kadar toz kabuk kullanılmış miktar artırıldığında ise rengin açıldığı belirlenmiştir. Metal mordanlar (şap, demir vd.) 0,2 ve 0,4 g/L (kumaş ağırlığına göre % 1 ve % 2) gibi oldukça düşük konsantrasyonlarda kullanılarak tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Mordan miktarının artırılması durumunda ise renkte açılma olduğu görülmüştür. Ancak, bu bulgular tüm doğal boyarmaddeler için genelleştirilmemelidir. Her boyarmadde bağımsız ele alınarak mümkün olması öngörülen en düşük boya ve mordan konsantrasyonlardan başlayıp farklı konsantrasyonlarda denemeler yaptıktan sonra elde edilen renk cinsi, koyuluğu ve haslık değerlerine göre karar verilmelidir. Optimizasyon için araştırmacılar tarafından farklı deneysel tasarımlar ve yöntemler kullanılmaktadır. Şekil 3-11'de, en basit şekliyle, suyla özütleme ve klasik ısıtmalı sistemle çektirme yöntemine göre yapılan bir doğal boyama örneğinde en uygun koşulların saptanması için izlenebilecek bazı temel adımlar görülmektedir. Burada verilen konsantrasyon, süre, sıcaklık gibi değişkenler sadece örnekleme olup yapılacak çalışmaya göre uygulayıcıların belirleyeceği aralıklar içinde değişkenlik gösterebilirler. Bunlar daha da çeşitlendirilerek özütleme ve boya banyosu için en uygun pH değerleri, özütleme yöntemi, yardımcı madde kullanımı vd. gibi adımlar şeklinde genişletilebilir. Ayrıca, boyama sonrasındaki yıkama işlemlerinin (yıkama sayısı, süre, sıcaklık, yıkama maddesi konsantrasyonu) en uygun koşullarda yapılmasının da renk, haslık, su-enerji tüketimi ve maliyet üzerinde önemli etkisi vardır.

Bir işlemde faktörlerin etkisini etkisini incelerken ve bir optimizasyon yapılırken değişkenleri aynı anda değil teker teker değiştirmek, diğerlerini sabit tutmak gereklidir. Aynı anda birden fazla faktörü, örneğin hem süreyi hem sıcaklığı değiştirmek farkın hangi değişkenden geldiğinin anlaşılmasına engel olmaktadır.

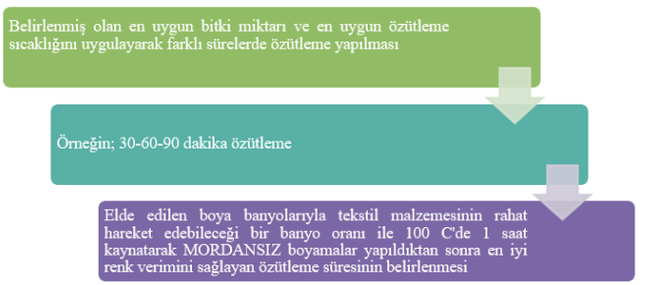
Diğer renklendirme işlemlerinde olduğu gibi doğal boyama sonucunda da rengin görsel olarak değerlendirilmesinin yanı sıra spektrofotometrede renk ölçümü yapılarak renk verimi (K/S) ve renk koordinatları (CIEL*a*b*C*h°) belirlenmekte, standartlara uygun olarak istenilen renk haslık testleri (yıkama, ışık, sürtünme, ter vd.) yapılmaktadır.



Şekil 3. En uygun doğal boya miktarının belirlenmesi.



Şekil 4. En uygun özütleme sıcaklığının belirlenmesi.

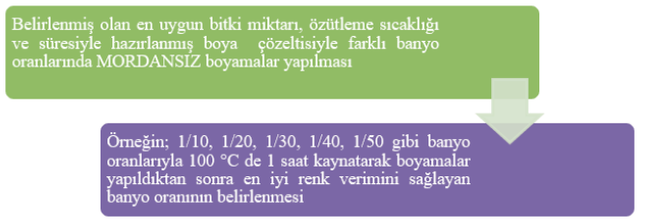


Şekil 5. En uygun özütleme süresinin belirlenmesi.

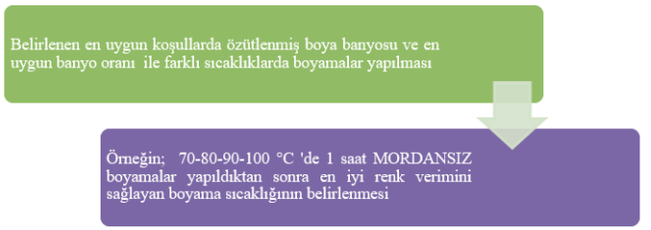
Boyama banyosunun tekstil malzemesinin çözelti içinde rahat hareket etmesini sağlayacak ve üzerini örtecek miktarda olması gerekmektedir. Bunu belirlerken de banyo oranı hesaplaması yapılmalıdır. Banyo oranı, 1 kg kuru tekstil malzemesi için kullanılacak olan çözelti miktarını belirtmektedir. Örneğin; 1/20 banyo oranı denildiğinde 1 kg kumaş için 20 L veya kg banyo/çözelti kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. En uygun banyo miktarını bulmak için, değişik oranlarda boyamalar yapılarak en yüksek renk verimini sağlayan banyo oranı seçilebilir. Banyo oranının gereğinden yüksek olması renk verimini olumsuz şekilde etkilediği gibi su tüketimini

de artırmaktadır. Doğal boyamacılıkta boyarmadde ve mordan maddesi miktarı genellikle tekstil malzemesi ağırlığına göre % olarak kullanılmakla birlikte, boya banyosu miktarına bağlı şekilde g/L olarak da hesaplanabilmektedir. Bu durumda, boyamalarda kullanılacak boya, mordan, tuz, kimyasallar ve yardımcı madde miktarları su miktarına bağlı olduğundan hem ekolojik hem maliyet açısından da en uygun banyo oranını kullanmanın önemi açıktır.

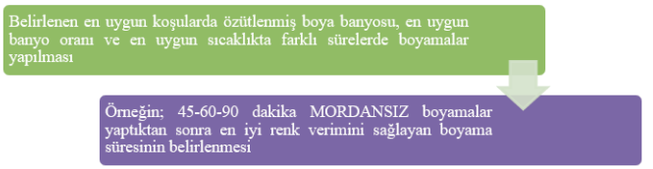
$$\text{Banyo oranı (BO)} = \frac{\text{Tekstil malzemesinin ağırlığı (kg)}}{\text{Banyo miktarı (kg veya L)}}$$



Şekil 6. En uygun banyo oranının belirlenmesi.

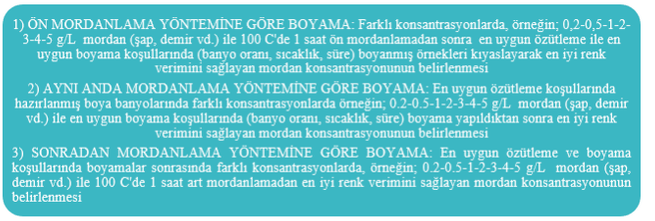


Şekil 7. En uygun boyama sıcaklığının belirlenmesi.

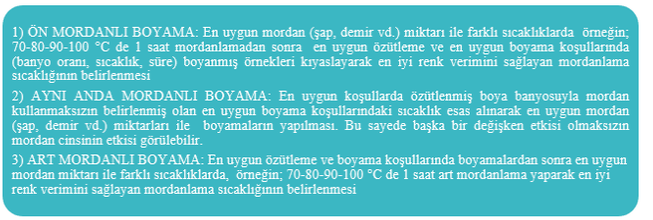


Şekil 8. En uygun boyama süresinin belirlenmesi.

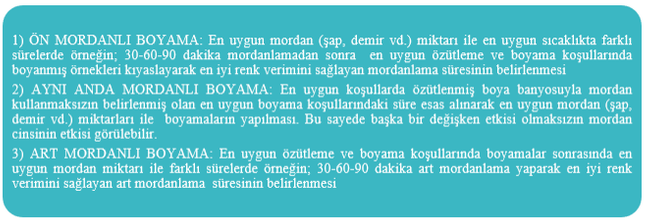
En uygun özütleme (doğal boya miktarı, sıcaklık, süre) koşullarında hazırlanmış boya banyosuyla en uygun koşullarda (banyo oranı, sıcaklık, süre) mordan maddesi kullanmadan boyanan kontrol numunesi (kör deneme), hem doğal boyanın kendi renginin ve haslık özelliklerinin görülmesi hem de kullanılacak olan mordan maddelerinin etkilerinin kıyaslanması açısından önemlidir.



Şekil 9. En uygun mordan konsantrasyonunun belirlenmesi.



Şekil 10. En uygun mordanlama sıcaklığının belirlenmesi.



Şekil 11. En uygun mordanlama süresinin belirlenmesi.

Boya ve mordan cinsine bağlı olarak üç mordanlama yöntemiyle değişik renkler ve haslıklar elde edildiğinden bir doğal boyamada en uygun mordanlama yönteminden söz etmek yanıltıcı olabilir. Ayrıcalıklı durumlar olmakla birlikte, genellikle ön ve art mordanlama yöntemlerine göre boyamalarda daha koyu renkler elde edilmekte ve mordanlama yöntemlerinin her birinde oldukça farklı renk tonları ortaya çıkmaktadır ki bu durum renk paletinin genişletilmesi açısından önemlidir.

Doğal boyamanın daha pahalı olduğuna dair somut verilere dayandırılmayan ya da sadece boyarmadde fiyatına bakılarak varılmış olan yaygın kanılar söz konusudur. Maliyet hesaplanırken bütünsel bir yaklaşımla; boyarmadde fiyatının yanı sıra boyama ve yıkama işlemlerinde tüketilen su-enerji, kimyasal maddeler de dikkate alınmalıdır. Bu durumda doğal boyamanın maliyeti sentetik boyarmaddeninkinden daha düşük olabilir. Zeytinyağı üretiminin ucuz bir yan ürünü olan prina ile yünün boyama maliyeti hesaplanarak (İşmal, 2017) sentetik boyarmadde ile boyamanınkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Atıkların Doğal Boya Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi

Dünyada geleneksel boya bitkilerinin canlandırılması ve tarımlarının tekrar yapılmasına yönelik çabalar olmakla birlikte, gıda maddeleri üretimi açısından önemli olan tarım alanlarının bu amaçlarla kullanımı tartışılabilir. Geri kazanımın çok daha fazla önem kazandığı günümüzde atıkların değerlendirilmesi güncel ve incelemeye değer bir konudur. Gıda ve içecek endüstrisinden çıkan bitkisel atıklar ile tarımsal atıkların doğal boya kaynakları olarak değerlendirilmesi ilgi çekmektedir. Endüstriyel atıkların yenilenebilir bir hammadde kaynağı olarak doğal boya üretiminde kullanımı sürdürülebilir temiz üretim stratejisi anlamına geldiği gibi aynı zamanda atık yönetimi ve değerlendirilmesine yönelik ekonomik bir yaklaşımdır.

Tarımsal üretim, kereste ve gıda endüstrisi atıkları (Bechtold, Mahmud, Ganglberger & Geissler, 2008), gıda ve içecek endüstrisinden açığa çıkan frambuaz, vişne, mürver, kuş üzümü, siyah çay ve siyah havuç atıkları (Bechtold, Mussak, Mahmud, Ganglberger & Geissler, 2006), karamuk, canadian golden rod, kökboya, gül hatmi, yabani leylak, ceviz, diş budak ağacı, akça ağaç (Bechtold, Turcan, Ganglberger & Geissler, 2003) yün ve ketenin boyanmasında doğal boya kaynağı olarak kullanılmışlardır.

Tarımsal bir atık olarak bademin dış yeşil kabukları ilk kez metal mordanlarla birlikte yünün boyanmasında kullanılarak geniş bir renk paleti elde edilmiştir (İşmal ve Yıldırım, 2012). Bademin dış yeşil kabuklarıyla boyanmış pamuklu kumaşlar çocuk giysilerinde de kullanılmıştır (Yıldırım ve İşmal, 2017). Zeytinyağı üretiminin bir yan ürünü olarak prina ilk kez yünün boyanmasında metal mordanlarla birlikte kullanılmış (İşmal, 2014) daha sonra biyomordan olarak biberiye, mazı, valeks, süsen, nar kabuğunun etkisi ve incelenerek metal mordanlara alternatifler sunulmuştur (İşmal, 2017).

Pamuklu kumaşların boyanmasında nar kabuğu (Kanchana, Fernandes, Bhat, Budkule, Dessai & Mohan, 2013), keten kumaşta doğal bitkisel atık olarak kestane kabuğu (Lijuan, Jian, Hao, 2009) ile boyamalar yapılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Siyah havuç ve yaban mersini posası yün, pamuk ve soya liflerinin boyanmasında kullanılmıştır (Kayahan, Karaboyacı & Dayık 2016).

Prina ve zeytin atık suyu zeytinyağı üretimi sırasında yüksek miktarlarda açığa çıkan ve olumsuz çevresel etkilere sahip gayet ucuz yan ürünlerdir. Prina (İşmal, 2014; İşmal, 2017) ve zeytin atık suyu (Meksi, Haddar, Hammami & Mhenni, 2002) alternatif doğal boyarmadde kaynakları olarak tekstil boyamacılığında kullanılarak iyi sonuçlar elde edilmiştir. Zeytin atık suyu, akrilik liflerinin (Haddar, Baaka, Meksi, Elksibi, & Mhenni, 2014) ve ultrasonik enerjiyle poliamid (naylon) liflerinin (Haddar, Baaka, Meksi, Ticha, Guesmi, & Mhenni, 2015) boyanmasında da kullanılmıştır.

Badem atıkları ile yün, ipek, poliamid (naylon) kumaşlar (Moussa, Baaka, Noureddine, Khiari, Moussa, Mortha, & Mhenni, 2018) ve optimum deney tasarımı yöntemini kullanarak ceviz ağacı kabuklarıyla yün lifleri boyanmıştır (Haji, Nasiriboroumand, & Qavamnia, 2018).

Berberis vulgaris L. tarımsal atıkları pamuğun boyanması ve aynı zamanda antibakteriyel bitim işlemi etkisi yaratılması için kullanılmıştır (Haji, Nasiriboroumand, & Qavamnia 2018). Yapraklar, ceviz, zeytin, biberiye, fındık, badem gibi 100 % tarımsal üretim atıklarından yenilenebilir doğal boyarmaddeler piyasaya sürülmüştür (https://sourcingjournal.com/topics/raw-materials/archroma-launches-fully-traceable-dyes-made-natural-waste-td-20547/).

Gül yağı üretiminden kalan gül posaları katyonikleştirilmiş pamuklu kumaş (Oktav Baydar, & Akar 2013), lavanta yağı ve kırmızı şarap üretiminden kalan posalar (Karaboyacı ve Uğur, 2014), biberiye, lavanta (Oktav ve Akar, 2013) ve şeker üretim atığı olarak melas şurubu (Kayahan & Karaboyacı, 2014) yünün boyanmasında kullanılmıştır.

Plazma işlemiyle yüzey yapısı etkilenerek boya alımı artırılan yün lifi asma yapraklarıyla boyanmıştır (Haji, Qavamnia, & Bizhaem, 2016). İpek liflerinin mango yaprakları (Uddin, 2015) ve tatlı mor patates (Yin, Jia, Wang, & Wang, 2017) ile boyanma özellikleri incelenmiştir.

Bir atık olarak muz kabuğu poliamid/elastan karışım kumaşın doğal boyamasında kullanılmıştır. Metal mordanların, asitlerin, amonyum sülfat ve sodyum asetatın boyamadaki etkileri incelenerek renk paleti oluşturulmuş, aynı zamanda metal mordanlara alternatifler değerlendirilmiştir (Yıldırım ve İşmal, 2019).

Biyomordan Kullanımı

Life bağlanma ve haslık özelliklerinin artırılması amacıyla doğal boyaların bir çoğu için mordan kullanımı gerekmektedir. Geleneksel mordan maddeleri olarak kullanılan bazı metal tuzları ise ekolojik açıdan eleştirilen ve doğal boyaların kullanımına getirilen en önemli eleştiri noktalarından birisi-

dir. Bu nedenle alternatif olarak metal içeren çeşitli bitkilerin biyomordan olarak kullanılması ve ekolojik zararlarının daha az olduğu bilinen şap, demir gibi bazı kimyasal mordanların kullanımları tercih edilmektedir.

Mordan konsantrasyonu, rengin verimini/koyuluğunu (K/S) ve koordinatlarını yani rengin cinsini, açıklığını, nüansını, doygunluğunu (CIEL*a*b*C*h°) belirleyen önemli bir etkendir. Ancak, mordan konsantrasyonu ile elde edilen renk koyuluğu arasındaki ilişki için kesin bir kural yoktur. Kullanılan bitki ve mordan cinsine bağlı olarak aralarında doğru veya ters orantı olabilir (İşmal, 2017).

Doğal boyanın, lifin ve mordanın cinsine bağlı olarak bazı alternatif mordanlar ve modern yöntemler metal mordanların yerine kullanılabilir. Şap, demir sülfat, kalay klorür gibi metal mordanların kullanım miktarlarının genellikle % 0,5-40 arasında değiştiği bilinmektedir (İşmal, Yıldırım 2019).

Biyomordanlar, tanen, tannik asit, tartarik asit ve metal içeren bitkiler, biyoatıklar ve yan ürünler olarak ele alınabilirler. Tatmin edici boyama ve haslık özellikleri sağlayan biyomordanlar metal mordanlara karşı çevre dostu alternatifler olarak önerilmektedirler (İşmal, Yıldırım 2019).

Bir araştırmada doğal mordan olarak kullanılabilecek alüminyum içerikli bitkiler belirlenmiştir (Cunningham, B., Maduarta, Howe, Ingram, & Jansen, 2011).

Bademin dış yeşil kabukları ile yünün boyanmasında biyomordanların (biberiye, nar kabuğu, valeks, mazı) etkisi incelenmiş metal mordanlara alternatifler sunulmuştur (İşmal vd. 2014).

Biyomordanlar cins ve kullanım miktarına bağlı olarak aynı metalik mordanlar gibi renk verimini/koyuluğunu ve haslıkları iyileştirebilirler, azaltabilirler veya belirgin bir değişiklik yaratmayabilirler. Renk/haslık özellikleri ve doğal boyamanın maliyeti (reçete, su-enerji tüketim miktarları), doğal boya kaynağı (bitki/atık/yan ürün, vd.), mordanın cinsi, kaynağı ve konsantrasyonu, özütleme koşulları/yöntemi, mordanlama yöntemi ve boyama koşulları (sıcaklık, süre, pH, banyo oranı vd.) gibi birçok etkene bağlı olarak değişir (İşmal, 2017).

Biyomordanlarla aynı anda mordanlama yöntemine göre boyamada elde edilen sonuçlar metal mordanlarla eşdeğer olabilmekte hatta mordanın cinsine ve mordanlama yöntemine bağlı olarak bazı durumlarda daha iyi değerler sağlamaktadır. Biyomordanlar birlikte kullanıldıkları doğal boyaya bağlı olarak farklı sonuçlara yol açabilirler (İşmal, 2017).

Zerdeçal (curcuma longa) ile boyamada kurutulup toz haline getirilen muz çiçeğinin taç yaprakları krom yerine doğal mordan olarak kullanılmıştır. (Mathur ve Gupta, 2003)

Mangrov ağaç kabuğu özütü kullanılarak metal içermeyen yeni bir azoik boya sistemi pamuğun doğal boyamasında kullanılmıştır. Düzgün bir boyama sonucunun yanı sıra, iyi haslık özellikleri, daha koyu ve parlak renkler elde edilmiştir (Vuthiganond, Nakpathom, & Mongkholrattanasit, 2018).

Palmiye çekirdeklerinden elde edilen boya ile biyomordan olarak meşe palamudu, klorofil ve bademin yeşil kabukları kullanılarak pamuk boyanmış ve şap, çinko sülfat, bakır sülfat metal mordanlarıyla kıyaslanmıştır. Optimizasyon yapılan bu çalışmada biyomordanlarla boya alımı ve renk haslıkları yükseltilmiştir (Souissi, Guesmi, & Moussa, 2018).

R. Cordifolia doğal boyası ile metal mordanların yerine geleneksel bir biyomordan olan Eurya acuminata (Nausankhee, Turku) yaprakları kullanılarak pamuk boyanmıştır. Ultrason ve biyomordan kullanılarak çevre dostu doğal bir boyama yöntemi geliştirilmiştir (Vankar, Shanker, Mahanta, & Tiwari, 2008). Kabuklu bir deniz canlısı olan Antarktika krili'nden (Antarctic krill, *Euphausia superba*) yağ elde edilmesinden açığa çıkan proteinik yan ürün pamuğun *Xylocarps granatum* ile boyanmasında ön mordanlamada kullanılmıştır. Hem daha iyi boyanmış hem UV koruyucu özellik kazandırılmıştır. Antarktika krili proteini metalik mordan ve katyonik fiksaj maddelerine alternatif olarak sunulmuştur (Pisitsak, Tungsombatvisit, & Singhanu, 2018).

Limon suyu-bakır sülfat, limon suyu-potasyum bikromat, limon suyu-kalay (II) klorür, limon suyu-potasyum bikromat (Singh ve Purohit, 2012; Singh ve Purohit, 2014) ve myrobolan-nikel sülfat, myrobolan-şap, myrobolan-potasyum bikromat, myrobolan-demir sülfat, myrobolan-kalay(II)klorür (Kumaresan, Palanisamy,& Kumar, 2011) gibi doğal ve metal mordan karışımlarının kullanıldığı çalışmalar da vardır.

Catechu, zerdeçal ve kadife çiçeği ile pamuk baskısında kitosan (Teli, Sheikh, & Shastrakar 2013), poliesterin kökboya ile boyanmasında ise meşe odunu külü, yeşil çay, siyah çay, sumak ve meşe palamudu (Gedik, Avinç, Yavaş, & Khoddami, 2014) biyomordan olarak kullanılmışlardır.

Bentonit tipi kil (Barani, 2018; Gashti, Katozian, Shaver,& Kiumarsi, 2013) yünün kökboya ile boyanmasında kullanılarak nanokilin ekonomik ve ekolojik açılardan uygun bir alternatif mordan olabileceği bildirilmiştir.

Çay atıkları biyomordan olarak yumurta kabuğu ve zerdeçal ile birlikte kullanılmıştır. Ayrıca boyama atık suyu-

nun biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD5), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), ağır metal içeriği gibi ekolojik kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmış ve doğal boyamadan elde edilen atık suyun daha avantajlı olduğu görülmüştür (Chan, Yuen, & Yeung, 2002).

Doğal mordan olarak fermente edilmiş hamur özütü ile ön işlemin, soğan kabuğu ile yün boyamada renk koyuluğu ve haslık özellikleri üzerine etkisi incelenerek iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (Önal, Yılmaz, & Eser, 2018).

Kahverengi bir doğal boya kaynağı olarak arjuna kabuğu kullanılmıştır. İpek kumaşlar ve arjuna kabuğuna mikro dalga enerjisi uygulandıktan sonra metal mordanlar (şap ve demir) ve biyomordanlar (zerdeçal ve nar kabuğu) ile boyamalar yapılarak iyi renk verimleri ve haslıklar elde edilmiş, mikrodalganın ve metal mordanlara alternatif olarak biyomordanların etkisi incelenmiştir (Adeel, Rehman, Hameed, Habib, Kiran, Zia, & Zuber, 2018).

Yünün safran ve kökboya ile boyanmasında özütleme ve boyama işlemlerinde mikrodalga enerjisi kullanımının boyama koyuluğu ve haslıklar üzerindeki etkileri incelenerek çevre dostu ve sürdürülebilir bir yöntem olarak önerilmiştir. (Adeel, Salman, Bukhari, Kareem, Rehman, Hassan, & Zuber, 2018)

Muzun kabukları ve çiçek sapları pamuğun boyanmasında boyarmadde ve biyomordan olarak incelenmiştir (Repon, Al Mamun, & Islam, 2016; Barhanpurkar Bhat, Kumar, Purwa, 2015).

Neem ağacı (*Azadirachta indica*) kabuğundan boya özütleyerek ipeği metal ve biyomordanlar ile boyamada mikrodalga uygulamanın etkisi incelenmiştir (Zuber, Adeel, Rehman, Anjum, Muneer, Abdullah & Zia, 2019).

Doğal Boya Uygulamalarında Alternatif Yöntemler ve Modern Teknolojiler ile Sağlanan Avantajlar

Geleneksel doğal boyamacılık çoğunlukla klasik ısıtmalı sistemle çektirme yöntemine göre kaynatarak yapılagelmiştir. Gelişim sürecine bakıldığında, boyamada ve boyarmaddenin özütlemesinde kaynatma gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra, fulard yöntemiyle boyama, alternatif olarak ultrason ve mikrodalga enerjilerinden yaralanılması, yüksek sıcaklık ve basınçta (HTHP), temas ettirerek (kontakt) /eko boyama ve baskı gibi yeni uygulamaların da olduğu görülmektedir.

Ökaliptus yapraklarından özütlenen doğal boya, geleneksel kaynatma yerine fulard makinesinde emdirme-soğuk bekletme ve emdirme-kurutma yöntemleriyle yünün boyanması ve UV koruyucu özellik kazandırılmasında kullanılmıştır. (Rungruangkitkrai, Tubtimthai, Cholachatpinyo & Mongkholrattanasit, 2012)

Nar kabuğu, fındık kabuğu, portakal ağacı yaprakları, havacıva and papatyadan elde edilen doğal boya ağartılmış ve merserize edilmiş pamuğun pigment baskı sistemine göre baskısında kullanılmıştır. Boyayı fikse etmek için mordan yerine binder kullanılarak güzel renkler ve yeterli haslıklar elde edilmiştir. (Bahtiyari, Benli, Yavaş, & Akça, 2017).

Kökboya çeşitli doğal liflerin baskısında kullanılarak konsantrasyon, mordan türü, mordanlama yöntemi, fiksaj sıcaklık ve sürelerinin etkisi incelenmiş ekolojik bir alternatif olarak sunulmuştur. (Özgüney, Seçim, Demir, Gülümser, & Özdoğan, 2015)

Temas ettirerek (kontakt)/eko baskı ve boyama klasik doğal boyamacılığa farklı bir yaklaşım olarak ele alınabilir. Bu konuda çeşitli çalışmalar vardır (Kadolph ve Casselman, 2004; İşmal, 2016; Bilir, 2018).

Daha çok yün ve ipek kumaşların kullanıldığı ve özellikle tekstil tasarımcıları ve sanatçıları tarafından uygulanan kontakt baskı/eko baskı pamuk, viskon, Tencel™ ve Tencel™/pamuk karışım kumaşlara uygulanmıştır. Çeşitli /ağaç/bitki/meyve/sebzelerin farklı bölümlerini kullanarak kumaş yüzeylerinde özgün baskı desenleri başarılı bir şekilde elde edilmiş ve mordan, sıcaklık, süre, fiksaj yöntemi gibi çalışma koşullarının desen/renk üzerindeki etkileri incelenmiştir. (İşmal, 2016).

Gelişmelerin bir kısmı çeşitli ön ve art işlemlerle doğal ve sentetik liflerin yapılarının modifiye edilerek renk verimi, haslıklar ve işlevsel özelliklerin geliştirilmesine yönelik uygulamalardır. Bu işlemlerde katyonik, anyonik maddeler, sentetik ve doğal polimerler kullanılabilirler.

Biyopolimerler, plazma ve ışın ile işlem teknolojileri gibi modern çevre dostu yüzey modifikasyon teknikleriyle yapılan ön işlemler sayesinde, klasik kimyasal modifikasyon yöntemlerine göre daha üstün özelliklere ve yüksek verime sahip sonuçlar elde edilebilmektedir.

Yapılan araştırmalarda doğal boyamacılıkta ultrason, plazma, ozon gazı, enzim, mikrodalga, gama ışınları, UV ışınları gibi modern ve ekolojik yöntemleri kullanarak hem boyarmadde özütlemesi hem boyama işlemlerinde önemli zaman ve enerji tasarrufları sağlanabildiği hem de daha verimli boyama sonuçları elde edilebildiği gösterilmiştir. Özellikle, atık bir maddenin boyarmadde potansiyelinin değerlendirilmesinde metal mordanlar yerine enzim, ultrason, plazma, mikrodalga

gibi ekolojik ve modern yöntemlerin kullanılması çevre dostu bir yöntem ortaya koyulmasını destekleyici bir yaklaşımdır.

Lak ile doğal boyamada ultrason enerjisi sayesinde daha koyu renkler elde edilmiştir (Kamel, El-Shishtawy, Yussef, & Mashaly, 2005). Pamuğun kırmızı calico yapraklarıyla boyanmasında gama ışınları uygulaması ve lif yüzey modifikasyonu sayesinde daha yüksek renk verimi ve haslıklar sağlanmıştır. (Khan, Iqbal, Adeel, Azeem, Batool, & Bhatti, 2014)

Ultrasonik enerji; kırmızı lahana ile pamuğun boyanmasında (Ben Ticha, Haddar, Meksi, Guesmi, & Mhenni, 2016), üzüm posasıyla yünün boyanmasında (Baaka, Haddar, Ben Ticha, Amorim, & MHenni, 2017) ve kırmızı sandal ağacından doğal boya özütlemede (Sivakumar , Rani, & Kumari, 2017) kullanılmıştır.

Doğal boyamada pamuklu kumaş ve boyarmaddeye gama ışınları uygulamanın koyuluğu yıkama, ışık ve sürtme haslıklarını artırdığı görülmüştür (Bhatti, Adeel, Jamal, Safdar, Abbas, 2010; Naz, Bhatti, & Adeel, 2011).

Pamuk kumaşlar, safran ile ultrasonik yöntemle boyanarak ön mordanlama, aynı anda mordanlama ve art mordanlama yöntemlerine göre boyamalarınkinden daha yüksek renk verimi sağlamıştır (Kamel, Helmy, & El Hawary, 2009). Bu da iki adımlı boyama yönteminden kurtularak enerji, zaman, işçilik tasarrufu ve ekolojik avantaj anlamına gelmektedir.

Enzimatik işlemler sürdürülebilir ve çevre dostu yöntemler olarak tekstil ürünlerinin renklendirilmesi ve işlevsel (fonksiyonel) özellikler kazandırılmasında kullanılmaktadırlar. Enzimatik ön işlem yapılan yün, keçi lifi, angora tavşanı ve ipek lifi sumak, myrobalan, meşe palamudu, mazı gibi tanen içeren bitkilerle boyanmış ve enzimatik işlem gören liflerde enzim tipi ve bitkiye bağlı olarak boyama veriminde yaklaşık % 15-80 arasında artış sağlanmıştır (Akçakoca Kumbasar, Atav, & Bahtiyari, 2009).

Yün lifine poly(propylene imine) dendrimer ve plazma ile ön işlem yapıldıktan sonra koşnil boyarmaddesi ile boyama mekanizması incelenmiştir (Sajeda, Haji, Mehrizic, & Boroumand, 2018).

Selülaz enzimiyle ön işlem yapılmış keten liflerinin boyanmasında kestane kabukları kullanılmıştır (Zhao, Feng, & Wang, 2014).

Hem doğal boyamanın koyuluğunu hem de UV koruma özelliğini artırmak için pamuklu kumaşa plazma ön işlemi ardından zerdeçal ve yeşil çay özütleriyle boyama yapılarak renk verimi, haslıklar ve UV koruma özelliklerinde iyileşme olduğu gösterilmiştir (Gorjanc, Mozetic, Vesel, & Zaplotnik, 2018).

Yünün karides kabuğu özütü ile boyanmasında β-çiklodekstrin aşılama ve plazma işleminin etkisi incelenmiştir (Molakarimi, Khajeh, & Haji, 2016).

Yün lifinin kök boya ile boyanmasında plazma işlemini renk verimini ve haslığı yükseltmiştir. Bu işlem enerji, zaman ve maliyet avantajı sağlamaktadır. En iyi sonuçların elde edildiği bakır uygulanan plazma yöntemi, boyama öncesindeki mordanlama yöntemine bir alternatif olarak önerilmiştir (Shahidi, Wiener, & Motaghi, 2009).

Plazma, UV, gama ışınları, UV/ozon ve elektron demeti ile meta-aramid ve polipropilen lif yüzeyleri modifiye edilerek doğal boyama üzerindeki etkileri incelenmiştir (Shahidi, Wiener, & Ghoranneviss, 2013).

Pamuklu kumaşa enzimatik işlem sonrası *Acacia catechu* and *Tectona grandis* ile ultrasonik boyama yapılarak metal mordanlarla elde edilenden daha yüksek boya alımı (% 39 ve % 52) ile yıkama ve ışık haslıklarında da belirgin bir iyileşme sağlanmıştır (Vankar ve Shanker, 2008).

Pamuklu ve ipekli kumaşlar tannik asit enzim kompleksiyle ön işlemden sonra *Terminalia arjuna*, nar kabuğu ve *Rheum emodi* ile ultrasonik yöntemle boyanmış, enzimatik işlem sayesinde renk verimi daha yüksek elde edilmiş, ultrasonik boyama ise en iyi sonuçları vermiştir. Bu çalışmada yapılan tek adımlı tannik asit-enzim-ultrasonik doğal boyama ile çevre dostu bir yöntem ortaya koyulmuştur. Pamuk ve ipeğin enzim-tannik asit, ultrason kombinasyonu ile boyanması endüstriyel olarak da önerilmektedir (Vankar, Shanker, & Avani, 2007).

Ananas liflerine enzimatik ön işlem ve beş farklı doğal boya ile boyama yapılmıştır. Liflere boyama öncesinde pektinaz ve selülaz enzimleri ile ön işlem yapılarak doğal boyama uygulanmış enzimler daha fazla boya alımı, daha yüksek dayanım, daha açık renkler ama benzer ışık haslıkları sağlamışlardır. Bu çalışmada geri kazanım açısından ananas liflerinin değerlendirilmesi ve enzimatik ön işlemin desteklenerek çevreye zararlı sudkostik ve metal mordana alternatif olarak sunulması çevre dostu bir yaklaşımdır. Enzimatik işlemin metal mordanlarla benzer ışık haslıklarını vermesi ilginç bir sonuçtur (Sricharussin, Ree-iama, Phanomchoenga, & Poolperm, 2009).

Yerel adı Chap shaw sheng olan *Malus sikkimensis* bitkisi ile pamuk, ipek ve yüne metal mordanla birlikte ultrasonik etki

uygulanarak yaratılan sinerji ile daha iyi boya alımı ve haslık özellikleri elde edilmiştir. Ultrasonik etkiden yararlanarak kullanılanılan metal mordan miktarının azaltılması da önemli bir olumlu bir sonuçtur (Vankar, Shanker, Dixit, & Mahanta, 2009).

Pamuklu kumaşa kitosan ile ön işlem yapılarak *Ruellia tuberosa Linn*. ile boyanmış ve kumaşların hem boya alımı hem haslıkları artmıştır (Kampeerapappun, Phattararittigul, Jittrong, & Kullachod, 2010).

Doğal boyaların ışık ve yıkama haslıklarının geliştirilmesi konusunda yapılan çalışmaların yanı sıra bunların yeni teknolojilere adaptasyonu konusunda da çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Geleneksel baskı tekniklerine göre ekolojik avantaj sağlayan dijital baskı uygulamalarında doğal boyaların kullanım olanakları üzerine de araştırmalar vardır (Savvidis, Zarkogianni, Karanikas, Lazaridis, Nikolaidis, &Tsatsaroni, 2012).

Kaynakçaya yeni kazandırılan bir doğal boya kaynağı olarak bademin dış yeşil kabukları ile plazma ile ön işlem görmüş yünlü kumaşlar boyanarak metal mordanlara alternatif olabilme durumu incelenmiş daha iyi renk verimi sağlanmıştır (İşmal vd., 2013). Ultrasonik ortamda biyomordan ve metal mordanlarla bademin dış yeşil kabukları ile yün boyanarak renk özellikleri ve haslıklar incelenmiştir. Klasik ısıtmalı boyama ve ekstraksiyon yöntemi ile ultrasonik yöntem, biyomordanlar ile de metal mordanlar kıyaslanarak alternatifler sunulmuştur (İşmal vd., 2015).

Harmala (Peganum harmala) tohumlarının pamuğun metal mordanlar (şap ve demir) ve biyomordan olarak akasya ile boyanmasında mikrodalga enerisi ile daha koyu renkler ve daha iyi haslık değerleri elde edilmiştir. (Adeel, Zuber & Rehman, & Zia, 2018)

Poliester kumaşa kitosan ve/veya plazma ile ön işlem yapılarak doğal boyama uygulandığında metal mordandan daha yüksek boyama verimi ve daha kısa boyama süresi elde edilmiştir (Park, Koo, Kim, & Choe, 2008). Poliester kumaş yüzeyinin plazma ve UV ile ön aktivasyonu sayesinde lif yapısında hidrofil gruplar oluşmasını sağlayarak daha koyu renkli doğal boyama sonuçları elde edilmiştir (Kerkeni, Behary, Perwuelz, & Gupta, 2012).

UV absorbe ediciler ve antioksidan maddelerin kullanımıyla bazı doğal boyaların düşük olan ışık haslıklarının geliştirilebileceği gösterilmiştir (Cristea ve Vilarem, 2006; Lee, Lee, Eom, & Kim, 2001).

Doğal boyalar geleneksel olarak pamuk, yün ipek gibi doğal liflerle üretilmiş kumaşların boyamalarında kullanılırken günümüzde sadece doğal liflerin değil poliester, poliamid ve poliakrilnitril gibi sentetik liflerin renklendirilmesinde de kullanılmaktadır. (Purwar, 2016; Nateri, Hajipour, Dehnavi, & Ekrami, 2014).

Kına ve soğan kabuğu ile pamuk, poliester ve poliester/pamuk karışımı kumaşlara yapılan boyamalarda yüksek ışık ve yıkama haslığı sonuçları elde edilmiştir. (Mohamed, 2010)

Muhabbet çiçeği ve nar kabuğu poliamid (naylon) kumaş boyanmasında kullanılmıştır. (Nateri, Hajipour, Dehnavi, & Ekrami, 2014)

Susamdan elde edilen doğal boya ile boyanan ön mordanlı poliamid (naylon) kumaşa iyi renk haslık özellikleri kazandırılmıştır (Zhou, Zhang, & Kan, 2019).

İndigo, zerdeçal, kamala ve kına gibi bitkisel esaslı doğal boyarmaddeler poliamid (naylon) boyanmasında kullanılmıştır. (Agrawal, 2012).

Doğal Boyalar ile Tekstil Ürünlerine İşlevsel Özellikler Kazandırma Olanakları

Sağlık, hijyen ve konfor konularında tüketici beklentilerinin artması nedeniyle koku güzelleştirici/önleyici, antimikrobiyal, güve/böcek/haşare kovucu ve UV koruyucu bitim işlemleri de önem kazanmıştır. Tekstil ürünlerine bu işlevsel özelliklerin kazandırılması için kullanılan kimyasal maddeler ise ekolojik nedenler ve çevreye olan etkileri nedeniyle eleştirilmektedir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında, doğal boyarmaddelerin sadece renklendirme amaçlı değil, tekstil ürünlerine işlevsel (fonksiyonel) bir takım bitim işlemi özellikleri kazandırmak için de kullanılabileceğine dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Yün ve diğer hayvansal lifler sıcak tutma, yumuşaklık ve güç tutuşur özellikleri nedeniyle kışlık giysi, halı battaniye gibi tekstil ürünlerinin vaz geçilmez lifleri olmakla birlikte güve ve benzeri böceklerin zararına uğrayabilmektedirler. Güve ve benzeri böceklere dirençli ve bunları uzaklaştırıcı etkiler ekolojik olarak eleştirilen çeşitli kimyasallarla sağlanabilmektedir. Yapılan araştırmalar doğal renklendiricilerin bu konuda alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Doğal boyalarla antimikrobiyal (Singh, Jain, Panwar, Gupta, & Khare, 2005) haşare kovucu (Kato, Hata, Tsukada, 2004), koku önleyici (Hwang, Lee, &Kim, 2008; Lee, Hwang, Jung,

Do,& Kim, 2008) tekstil ürünleri elde edilmiştir.

Ucuz atık maddelerden elde edilmiş doğal boyarmaddelerle tekstil ürünlerine birden fazla işlevsel özellikler kazandırılabilir. Muz kabukları pamuğun boyanmasında kullanılarak aynı zamanda anti bakteriyel ve UV ışınlarından koruyucu özellik elde edilmiştir (Salah, 2012).

Mordanlanmış pamuk ve poliamid kumaşların doğal boya ile boyanabilirliği ve antibakteriyel özellikleri incelenerek mükemmel antibakteriyel özellik kazandırıldığı belirlenmiştir (Shahidi, 2016).

Portakal kabuğunun UV ışınlarını da absorbe eden bir doğal boyarmadde olarak kullanılabileceği gösterilmiştir (Hou, Chen, Cheng, Xu, Chen, & Yang, 2013).

Jüt liflerine metal ve biyomordanlar ile ön mordanlama sonrasında, yerel bitkiler olan manjistha, annatto, ratanjot ve babool ile boyama yapılarak UV ışınlarından koruyucu özellik sağlanmıştır (Chattopadhyay,Pan, Roy, Saxena, & Khan, 2013).

Rheum emodi, gardenya ve zerdeçal ipeğin doğal boyanmasında kullanılarak aynı zamanda UV koruyucu özellik kazandırılmıştır (Zhou, Zhang, Tang, & Zhang, 2015).

Kökboya (*Rubia tinctorum*), indigo (*Indigofera tinctoria*) ve koşnil böceğinin (*Dactylopius coccus*) pamuğu boyama ve aynı zamanda UV koruyucu özellik kazandırma etkisi incelenerek indigonun daha yüksek UV koruma değeri sağladığı görülmüştür (Sarkar, 2004).

Nar kabuğu, gardenya, *Cassia tora. L*. ve kahve tortularının koku giderici etkisi incelenmiş ve narın daha iyi etki sağladığı görülmüştür (Hwang, Lee, & Kim, 2008).

Nar kabuğu özütü ile boyanmış pamuk, ipek ve yün kumaşlara çok iyi koku giderici (Lee, Hwang, Baek, Lee, Lee, Jung, & Kim, 2013) ve meşe palamudu (Lee, Hwang, Baek, Jung, & Kim, 2015) ile boyanmış kumaşlara hem koku giderici hem mükemmel bir antibakteriyel olmak üzere çok işlevli özellik kazandırıldığı bildirilmiştir.

Safran çiçeği, soğan kabuğu, kına, nar kabuğu, kökboya, myrobolan, gümüş meşe yaprağı, ceviz, altınmühür çiçeği doğal boyamada aynı zamanda güve kovucu etkisi incelenmiş gümüş meşe yaprağı, cevizin dış kabuğu ve nar kabuğunun en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir (Shakyawar, Raja, Kumar, & Pareek, 2015).

Koşnil, kökboya, indigo, ceviz, kestane, fustic ve bakkam ağacı yün boyamasında kullanılarak siyah halı böceklerine karşı test edilmişlerdir. İndigo dışındaki tüm boyarmaddeler böcek kovucu etkiyi artırmıştır. Metal mordanların ve flavonoid yapıdaki bakkam ağacının pek etkili olmadığı, koşnil, kökboya cevizin halı böceğine karşı oldukça etkili olduğu belirlenmiştir (Park, Gatewood, & Ramaswamy, 2005).

Hindistan cevizi kabuğu (Teli ve Pandit, 2017) ve pirinç kepeği (Kadam, Sharma, Islam, Bramhecha & Sheikh, 2019) ile yüne işlevsel bitim işlemi etkileri kazandırılmıştır.

Yabani ipek lifleri meşe ağacı kabuğu ile boyanarak işlevsel özellikler kazandırılması incelenmiştir (Jia, Liu, Cheng, Li, Huang, & Lu, 2017).

Metal mordanlar ve kadife çiçeği (*Tagetes erecta*) ile boyanan yünlü kumaşta UV koruma ve antioksidan bitim işlemi etkisi elde edilmiştir (Shabbir, Rather, Mohammad, 2018).

Neem ağacı (*Azadirachta indica*) kabuğundan boya özütleyerek ipeği metal ve biyomordanlar ile boyamada mikrodalga uygulamanın etkisi incelenmiştir (Zuber, Adeel, Rehman, Anjum, Muneer, Abdullah & Zia, 2019).

Sonuç

Doğal boyalar araştırmacılar, mühendisler, tekstil tasarımcıları, tekstil sanatçıları ve hobi olarak ilgilenen kişiler için hayal gücü ile yaratıcılığın sınırsız şekilde kullanılabildiği, son derece özgün uygulamaların yapılabildiği ilginç ve heyecan verici bir çalışma alanıdır. Özgün tekstil tasarımları ve katma değeri yüksek ürünlere olan talebin artması, sürdürülebilirlik ve ekoloji açısından önemli bir potansiyele sahip olduklarının düşünülmesi doğal boyaların gelişim sürecini hızlandırmıştır. Doğal boyalar tekstil ürünlerinin renklendirme ve desenlendirilmesinde bir zenginlik kaynağı olması açısından özellikle katma değeri yüksek özgün ve kişiye özel tasarımların yaratılmasında bir avantaja dönüştürülebilir.

Günümüzde doğal boya uygulamalarına ilişkin araştırmalar ve bakış açıları bilinen geleneksel yaklaşımların çok ötesine geçmiş durumdadır. Fizik, kimya, biyoloi, biyoteknoloji, mühendislik, tasarım ve sanat gibi birçok disiplinlerarası etkileşimlerin bir sonucu olarak doğal boyalarda hem geleneksel uygulamaların dışına çıkılmış hem de daha önce gündemde olmayan amaçlarla farklı alanlarda kullanımları ortaya çıkmıştır. Ancak, farklı yapısal özelliklere sahip çok sayıdaki doğal boya kaynaklarının optimum şekilde kullanımı, laboratuvar çalışmaları, niş pazar ve küçük çaplı üretimlerin yanısıra Ar-Ge çalışmalarından elde edilen verilerin ticari ve endüstriyel üretime uyarlanmasına yönelik sistematik araştırmaların artırılması gibi teknik çözümlemelerin yapılması gereklidir. Tüm bu çalışmaların sonucunda doğal boyarmaddelerin daha fazla endüstriyel anlam ve önem

kazanabileceği düşünülebilir.

Doğru değerlendirmeler yapılabilmesi açısından uygulamalarda sürecin başından sonuna kadar optimizasyon yapılarak en uygun ve ekolojik çalışma koşullarının belirlenmesi sayesinde en iyi renklendirme sonuçlarının alınması önem taşımaktadır. Yeni bir çalışmaya başlarken bir fikir vermesi için daha önceki araştırmalardaki çalışma koşulları denenebilir ancak her çalışmaya özgü olarak optimizasyon işlemleri yapılması daha sağlıklı bir yaklaşım olabilir. Benzer şekilde, doğal ve sentetik boyaları maliyet (su-elektrik-enerji tüketimi, işçilik vd.) ve çevresel etkiler gibi açılardan kıyaslamak için de analizler sonucu ortaya koyulmuş somut veriler üzerinden o çalışmaya özgü sonuçlar çıkartılmasında yarar vardır.

Doğal boyaların tamamen sentetik boyaların yerini alarak tekstil endüstrisinde tek başına yer alması öngörülen bir durum değildir. Modern ve ekolojik yöntemlerle metal mordan kullanımının azaltılması/ortadan kaldırılması, daha iyi boyama sonuçlarının elde edilmesi, tarımı yapılan boya bitkilerine göre çok daha ucuz olan çeşitli endüstriyel/tarımsal atıkların, yan ürünlerin doğal boya kaynakları olarak değerlendirilmesi, biyomordanlar, renklendirmeyle aynı anda işlevsel bitim işlemi etkileri sağlanması, ticari ve endüstriyel uygulamalara adaptasyon çalışmaları araştırmaya değer başlıca konular arasında sayılabilir ve bunların artarak devam etmesi beklenmektedir.

Kaynakça

Adeel S., Rehman F., Hameed A., Habib N., Kiran S., Zia K. M. and Zuber M. (2018). Sustainable extraction and dyeing of microwave-treated silk fabric using arjun bark colorant, *Journal of Natural Fibers*, DOI: 10.1080/15440478.2018.1534182

Adeel S., Zuber M., Rehman, F., and Zia, K. M. (2018). Microwave-assisted extraction and dyeing of chemical and bio-mordanted cotton fabric using harmal seeds as a source of natural dye, *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 11100–11110.

Adeel, S., Salman M., Bukhari, S. A., Kareem K., Rehman, F., Hassan, A. and Zuber, M. (2018). Eco-friendly food products as source of natural colorant for wool yarn dyeing, *Journal of Natural Fibers*, DOI: 10.1080/15440478.2018.1521762

Agrawal B. J. (2012). Commercial viability for colouration of nylon substrate with natural vegetable dyes, RMUTP International Conference: Textiles & Fashion, Bangkok, Thailand.

Akar, E., Oktav, M. (2013). Bazı tekstil boya bitkilerinin antibakteriyel özellikleri ve aktivitesi için kullanılan test yöntemleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi*, 3 (2), 1-6.

Akçakoca Kumbasar, E.P., Atav, R., and Bahtiyari, M.İ, (2009). Effects of proteases on dyeing properties of different types of proteious materials with natural dyes, *Textile Research Journal*, 79(6), 517-525.

Baaka, N., Haddar, W., Ben Ticha, M., Amorim, M.T.P., and MHenni, M.F. (2017) Sustainability issues of ultrasonic wool dyeing with grape pomace colourant, *Natural Product Research*, 1655-1662.

Bahtiyari M. İ., Benli H., Yavaş A., Akça C. (2017). "Use of different natural dye sources for printing of cotton fabrics", Tekstil ve Konfeksiyon, 27(3), 259-265.

Barani, H. (2018). Modification of bentonite with different surfactants and substitute as a mordant in wool natural dyeing, *Chiang Mai Journal of Science*, 45(1), 492-504.

Barhanpurkar, S., Bhat, P., Kumar, A., and Purwa, R. (2015). Studies of Banana SAP used as mordant for Natural Dye, *International Journal on Textile Engineering and Processes*, 1(4), 56-62.

Bechtold T., Turcan A. Ganglberger, E., and Geissler S. (2003). Natural dyes in modern textile dyehouses-how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future?, *Journal of Cleaner Production*, 11, 499-509.

Bechtold, T., Mahmud-Ali A., Ganglberger E., and Geissler S. (2008). Efficient processing of raw material defines the ecological position of natural dyes in textile production, *International Journal of Environment and Waste Management*, 2/3, 215-232.

Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud, A., Ganglberger, E., and Geissler, S. (2006). Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86/2, 233-242.

Ben Ticha, M., Haddar, W., Meksi, N., Guesmi, A., and Mhenni, M.F. (2016). Improving dyeability of modified cotton fabrics by the natural aqueous extract from red cabbage using ultrasonic energy, *Carbohydrate Polymers*, 154 287–295.

Bhatti, I.A., Adeel, S., Jamal, M.A., Safdar, M., and Abbas, M. (2010). Influence of gamma radiation on the colour strength and fastness properties of fabric using turmeric (Curcuma longa L.) as natural dye, *Radiation Physics and*

Chemistry, 79(5), 622-625.

Bilir, M . Z. (2018). Ekolojik Boyama Esaslı Çok Renkli Yüzey Tasarımı. *YEDİ Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, (20), 63-73.

Chan, P.M., Yuen, C.W.M. and Yeung, K.W. (2002). The effect of natural dye effluent on the environment, *RJTA*, 6 (1), 57-62.

Chattopadhyay, S.N., Pan, N.C., Roy, A.K., Saxena, S., Khan, A. (2013). Development of natural dyed jute fabric with improved colour yield and UV protection characteristics. *Journal of Textile Institute*, 104(8), 808-818.

Cristea, D., Vilarem, G. (2006). Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn, *Dyes and Pigments*, 70, 238-245.

Cunningham A., B., Maduarta I. M., Howe J., Ingram W., and Jansen S. (2011). Hanging by a thread: natural metallic mordant processes in traditional Indonesian textiles, *Economic Botany*, 65(3), 241-259.

Gashti, M.P., Katozian, B., Shaver, M., and Kiumarsi, A. (2013). Clay nanoadsorbent as an environmentally friendly substitute for mordants in the natural dyeing of carpet piles, *Coloration Technology*, 130, 54-61.

Gedik, G., Avinç, O., Yavaş, A., and Khoddami, A. (2014). A novel eco-friendly colorant and dyeing method for poly(ethylene terephthalate) substrate, *Fibers and Polymers*, 15 (2), 261-272.

Gorjanc M., Mozetic M., Vesel A., and Zaplotnik R. (2018) Natural dyeing and UV protection of plasma treated cotton, *The European Physical Journal D*, 72(41), https://doi.org/10.1140/epjd/e2017-80680-9

Haddar, W., Baaka, N., Meksi, N., Ticha, M., Guesmi, A., Mhenni, M.F. (2015). Use of ultrasonic energy for enhancing the dyeing performances of polyamide fibers with olive vegetable water, *Fibers and Polymers*,16(7), 1506-1511.

Haddar,W., Baaka, N., Meksi, N., Elksibi, I., and Mhenni, M. F. (2014). Optimization of an ecofriendly dyeing process using the wastewater of the olive oil industry as natural dyes for acrylic fibres, *Journal of Cleaner Production*, 66, 546-554.

Haji, A., Nasiriboroumand M., and Qavamnia S. S. (2018). Cotton Dyeing and Antibacterial Finishing Using Agricultural Waste by an Eco-friendly Process Optimized by Response Surface Methodology, *Fibers and Polymers*, 19(11), 2359-2364.

Haji, A., Nasiriboroumand M., and Qavamnia S. S., (2018). The use of D-optimal design in optimization of wool dyeing with Juglansregia bark, *Industria Textila*, 69(2), 104-110.

Haji, A., Qavamnia, S.S., and Bizhaem, F.K. (2016). Optimization of oxygen plasma treatment to improve the dyeing of wool with grape leaves. *Industria Textila*, 67 (4), 244-249.

Hou, X, Chen X, Cheng Y, Xu H, Chen L and Yang Y (2013), Dyeing and UV-Protection Properties of Water Extracts from Orange Peel, *Journal of Cleaner Production*, 52, 410-419.

https://sourcingjournal.com/topics/raw-materials/archroma-launches-fully-traceable-dyes-made-natural-waste-td-20547/ (10.06.2018)

Hwang E.K., Lee Y.H., and Kim H.D. (2008). Dyeing, fastness, and deodorizing properties of cotton, silk, and wool fabrics dyed with gardenia, coffee sludge, Cassia tora. L., and pomegranate extracts, *Fibers and Polymers*, 9(3), 334-340.

İşmal, Ö.E., Yıldırım L. (2012). Almond shell as a natural colorant, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 37(4), 358-363.

İşmal, Ö.E., Özdoğan E., Yıldırım L. (2013). An alternative natural dye, almond shell waste: effects of plasma and mordants on dyeing properties, *Coloration Technology*, 129(6), 431-437.

İşmal, Ö.E. (2014). A route from olive oil production to natural dyeing: valorisation of prina (Crude olive cake) as a novel dye source, *Coloration Technology*, 130(2), 147-153.

İşmal, Ö.E., Yıldırım L., Özdoğan E. (2014). Use of almond shell extracts plus biomordants as effective textile dye, *Journal of Cleaner Production*, 70(1), 61-67.,

İşmal, Ö.E., Yıldırım L., Özdoğan E., (2015). Valorisation of almond shell waste in ultrasonic biomordanted dyeing: alternatives to metallic mordants, *The Journal of The Textile Institute*, 106(4), 343-353.

İşmal, Ö. E., (2016). Patterns from Nature: Contact Printing, *Journal of the Textile Association*, 77(2), 81-91.

İşmal, Ö. E. (2017). Greener natural dyeing pathway using a by-product of olive oil: prina and biomordants, *Fibers and Polymers*, 18(4), 773-785.

İşmal, Ö.E., Yıldırım L. (2019). "Metal mordants and biomordants". In Shahid ul-Islam - Bhupendra Singh Butola (Ed.) , *The Impact and Prospects of Green Chemistry*

for Textile Technology (p.57-82), England: Elsevier, Woodhead Publishing,

Jia, Y., Liu, B., Cheng, D., Li, J., Huang, F., and Lu, Y. (2017). Dyeing characteristics and functionability of tussah silk fabric with oak bark extract. *Textile Research Journal*, 87, 1806-1817.

Kadam, S., Sharma, A., Islam, S., Bramhecha, I., and Sheikh, J. (2019). Utilization of rice straw as a source of biomolecules for sustainable multifunctional finishing vis a vis dyeing of wool, *Journal of Natural Fibers*, DOI: 10.1080/15440478.2019.1581120

Kadolph S. J., Casselman K. D. (2004). In the bag: contact natural dyes, *Clothing and Textiles Research Journal*, 22 (1/2), 15-21.

Kamel M.M., El-Shishtawy R.M., Yussef B.M., and Mashaly H. (2005). Ultrasonic assisted dyeing: III. Dyeing of wool with lac as a natural dye, *Dyes and Pigments,* 65(2), 103-110.

Kamel, M., Helmy, H.M., El Hawary, N.S. (2009). Some studies on dyeing properties of cotton fabrics with *Crocus Sativus* (saffron flowers) Using an Ultrasonic Method, *AUTEX Research Journal*, 9(1), 29-35.

Kampeerapappun P., Phattararittigul, T., Jittrong S., and Kullachod D. (2010). Effect of chitosan and mordants on dyeability of cotton fabrics with *Ruellia tuberosa Linn*., *Chiang Mai Journal of Science*, 38(1), 95-104.

Kanchana, R., Fernandes, A., Bhat, B., Budkule, S., Dessai, S., and Mohan, R. (2013). Dyeing of textiles with natural dyes-an eco-friendly approach, *International Journal of ChemTech Research*, 5(5), 2102-2109.

Karaboyacı, M., Uğur, Ş. (2014). Ecological wool dyeing with pulps of lavender, broom, and red wine, *The Journal of The Textile Institute*, 105(8), 821-827.

Kato, H., Hata, T., Tsukada, and M., (2004). Potentialities of natural dyestuffs as antifeedants against varied carpet beetle, Anthrenus verbasci, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 38, 241-251.

Kayahan E., Karaboyacı, M. (2014). Melastan elde edilen boyarmadde ile ekolojik yün boyama, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi,* 8(1), 8-22.

Kayahan E., Karaboyacı, M., Dayık M. (2016). Bitkisel atıklar kullanılarak yün, pamuk ve rejenere soya lifleri için ekolojik boyama, *Tekstil ve Mühendis*, 23(102), 112-125.

Kerkeni, A., Behary, N., Perwuelz, A., and Gupta, D. (2012). Dyeing of woven polyester fabric with curcumin: effect of dye concentrations and surface pre-activation using air atmospheric plasma and ultraviolet excimer treatment. *Coloration Technology*, 128, 223-229.

Khan A.A., Iqbal N., Adeel S., Azeem M., Batool F., and Bhatti I.A. (2014). Extraction of natural dye from red calico leaves: gamma ray assisted improvements in colour strength and fatness properties, *Dyes and Pigments*, 103, 50-54.

Kumaresan, M., Palanisamy, P.N., and Kumar, P.E. (2011). Application of ecofriendly natural dye on silk using combination of mordants, *International Journal of Chemistry Research*, 2 (1), 11-14.

Lee Y.H., Hwang E.K., Baek Y.M., and Kim H.D. (2015). Deodorizing function and antibacterial activity of fabrics dyed with gallnut (Galla Chinensis) extract, *Textile Research Journal*, 85(10), 1045-1054.

Lee Y.H., Hwang E.K., Baek Y.M., Lee M.S., Lee D.J., Jung Y.J., and Kim H.D. (2013). Deodorizing and antibacterial performance of cotton, silk and wool fabrics dyed with Punica granatum L. extracts, *Fibers and Polymers*, 14(9), 1445-1453.

Lee, J.J., Lee, H.H., Eom, S.I., Kim, J.P., (2001). UV absorber aftertreatment to improve lightfastness of natural dyes on protein fibres, *Coloration Technology*, 117, 134-138.

Lee, Y.H., Hwang, E.K., Jung, Y.J., Do, S.K., and Kim, H.D. (2008). Dyeing and deodorizing properties of cotton, silk, wool fabrics dyed with Amur Corktree, Dryopteris crassirhizoma, Chrysanthemum boreale, Artemisia extracts, *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 2246-2253.

Lijuan, W., Jian, L., and Hao, F. (2009). Dyeing of flax fabric with natural dye from chestnut shells, *Pigment & Resin Technology*, 38(6), 347-352

Mathur, J.P., Gupta, N.P. (2003). Use of Natural Mordant in Dyeing of Wool, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 3, 28, 90-93.

Meksi, N., Haddar, W., Hammami, S., and Mhenni, M.F. (2002). Olive mill wastewater: A potential source of natural dyes for textile dyeing. *Industrial Crops and Products*, 40, 103-109.

Mohamed A. S. (2010). An Economical Dyeing Process For Cotton, Polyester and Cotton/Polyester Blended Fabrics, *Journal of Textile Apparel*, *Technology and Management*,

6(4), 1-11.

Molakarimi, M., Khajeh Mehrizi, M., and Haji, A. (2016). Effect of plasma treatment and grafting of β-cyclodextrin on color properties of wool fabric dyed with Shrimp shell extract, *The Journal of The Textile Institute*, 107(10), 1314-1321.

Moussa, I., Baaka, N., Khiari, R., Moussa, A., Mortha, G., and Mhenni, M. F. (2018). Application of Prunus amygdalus by-products in eco-friendly dyeing of textile fabrics, *Journal of Renewable Materials*, 6(1), 55-67.

Nateri, A. S., Hajipour, A., Dehnavi, E., and Ekrami, E., (2014). Colorimetric Study on Polyamides Dyeing With Weld and Pomegranate Peel Natural Dyes, *Clothing and Textiles Research Journal*, 32, 2, 124-135.

Naz S., Bhatti I.A., and Adeel, S. (2011). Dyeing properties of cotton fabric using un-irradiated and gamma irradiated extracts of Eucalyptus camaldulensis bark powder, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 36(2), 132-136.

https://www.oeko-tex.com/en/business/certifications_and_services/ots_100/ots_100_limit_values/ots_100_limit_values.xhtml

Oktav, M., Baydar, H., Akar E. (2013). Katyonikleştirilmiş Pamuklu Kumaşın Gül Posası ile Doğal Boyanması ve Haslık Özelliklerinin İncelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29 (3), 213-219.

Oyervides, L.M., Oliveira, J., Gallagher , M. S., Zavala A. M., and Montanez, J. C. (2017). Assessment of the dyeing properties of the pigments produced by Talaromyces spp., *Journal of Fungi*, 3(3), 38, 1-9.

Önal, A., Yılmaz, M., and Eser F. (2018). Use of Fermented Dough Extract in The Dyeing of wool Fabrics, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 43, (1), 132-135.

Özgüney A. T., Seçim P., Demir A., Gülümser, T., Özdoğan E. (2015). Ecological printing of madder over various natural fibres, *Tekstil ve Konfeksiyon* 25(2), 166-171.

Park, Y., Koo, K., Kim, S., and Choe, J. (2008). Improving the colorfastness of poly(ethylene terephthalate) fabrics with the natural dye of Caesalpinia sappan L. Wood extract and the effect of chitosan and low-temperature plasma, *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 160-166

Park, J.H., Gatewood, B.M., and Ramaswamy, G.N. (2005). Naturally occuring quinones and flavonoid dyes for wool:insect feeding deterrents, *Journal of Applied Polymer Science*, 98(1), 322-328.

Pisitsak, P., Tungsombatvisit, N., and Singhanu, K. (2018). Utilization of waste protein from Antarctic krill oil production and natural dye to impart durable UV-properties to cotton textiles, *Journal of Cleaner Production*, 174, 1215-1223.

Purwar, S. (2016). Application of natural dye on synthetic fabrics: A review, *International Journal of Home Science*, 2(2), 283-287.

Ren, R., Gong, J., Fu, R., Zhang J., Fang, K., and Liu X. (2018) Antibacterial dyeing of silk with prodigiosins suspention produced by liquid fermentation, *Journal of Cleaner Production*, 201, 648-656

Repon, R., Al Mamun, A., and Islam, T. (2016). Eco-friendly cotton coloration using Banana (Musa Sapientum) waste: Optimization of Dyeing Temperature, *Universal Journal of Engineering Science* 4(1),14-20.

Rungruangkitkrai, N., Tubtimthai, N., Cholachatpinyo, A., Mongkholrattanasit, R. (2012). UV protection properties of wool fabric dyed with eucalyptus leaf extract by the padding techniques, *RMUTP international conference:textiles and fashion*, Bangkok, Tayland.

Sajeda T., Haji A., Mehrizic M.K., and Boroumand M. N. (2018). Modification of wool protein fiber with plasma and dendrimer: Effects on dyeing with cochineal, *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 642-653.

Salah, S. M. (2012).Antibacterial Activity and UV Protection Property of Some Egyptian Cotton Fabrics Treated with Aqueous Extract from Banana Peel, *International Journal of Clothing Science*, 1 (1),1-6.

Sarkar, A.K. (2004). An evaluation of UV protection imparted by cotton fabric dyed with natural colorants, *BMC Dermatology*, 4:15, 1-8.

Savvidis G, Zarkogianni M, Karanikas E, Lazaridis N, Nikolaidis, Tsatsaroni E. (2012). Digital and conventional printing and dyeing with the natural dye annatto: optimisation and standardisation processes to meet future demands, *Coloration Technology*, 129, 55-63.

Shabbir, M, Rather, L. J., Mohammad, F. (2018). Economically viable UV-protective and antioxidant finishing of wool fabric dyed with Tagetes erecta flower extract: Valorization of marigold, *Industrial Crops & Products*, 119, 277-282.

Shahidi S., Wiener J. and Ghoranneviss M. (2013). "Surface modification methods for improving the dyeability of textile fabrics". In: Günay, M. (Ed.), *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing*, IntechOpen, DOI: 10.5772/53911,

http://cdn.intechopen.com/pdfs/41409/InTech-Surface_modification_ methods_for_improving_the_dyeability_of_textile_fabrics.pdf.

Shahidi S., Wiener J., and Motaghi Z. (2009). Application of Low Temperature Plasma on Dye Ability of Wool with Madder, *Iranian Physical Journal*, 3(2), 17-23.

Shahidi, S. (2016). Antibacterial Efficiency of Mordant-Treated Cotton and Polyamide Fabrics, Before and After Dyeing, *Journal of Natural Fibers*, 3(5), 507-519.

Shakyawar, D.B., Raja, A.S., Kumar, A., Pareek, P.K. (2015). Antimoth finishing treatment for woollens using tannin containing natural dyes, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 40(2), 200-202.

Sharma, D., Gupta, C., Aggarwa S., and Nagpal, N. (2012). Pigment extraction from fungus for textile dyeing, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 37(1), 68-73.

Singh, R., Jain, A., Panwar, S., Gupta, D., and Khare, S.K. (2005). Antimicrobial activity of some natural dyes, *Dyes and Pigments*, 66, 99-102.

Singh, S.V., Purohit, M.C. (2012). Applications of eco-friendly natural dye on wool fibers using combination of natural and chemical mordants, *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 2 (2), 48-55.

Singh, S.V., Purohit, M.C. (2014). Evaluation of colour fastness proporties of natural dye extracted from *Symptocos racemosa* (Lodh) on wool fibres using combination of natural and synthetic mordant, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39, 97-101.

Sivakumar, V., Rani, K., Kumari, M. (2017). Efficient extraction of natural dye from red sandal wood (*Pterocarpus Sandalinus*) using ultrasound, *International Wood Products Journal*, 8(1), 6-9.

Souissi, M., Guesmi, A., and Moussa, A. (2018). Valorization of natural dye extracted from date palm pits (*Phoenix dactylifera*) for dyeing of cotton fabric. Part 2: Optimization of dyeing process and improvement of colorfastness with biological mordants, *Journal of Cleaner Production*, 204, 1143-1153.

Sricharussin W., Ree-iama P., Phanomchoenga W., and Poolperm S. (2009). Effect of Enzymatic Treatment on the Dyeing of Pineapple Leaf Fibres with Natural Dyes, *Science Asia*, 35, 31-36.

Teli, M. D., Pandit P. (2017). Novel method of ecofriendly single bath dyeing and functional finishing of wool protein with coconut shell extract biomolecules, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5 (9), 8323-33.

Teli, M.D., Sheikh, J., and Shastrakar, P. (2013). Exploratory investigation of chitosan as mordant for eco-friendly antibacterial printing of cotton with natural dyes, *Journal of Textiles*, 1-6.

Tuli, H.S., Chaudhary, P., Beniwal, V., and Sharma, A.K. (2015). Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives, *Journal of Food Science and Technology*, 52, 4669-4678.

Uddin, M.G. (2015). Extraction of eco-friendly natural dyes from mango leaves and their application on silk fabric. *Textiles and Clothing Sustainability*, 1(7), 1-8.

Vankar, P. S., Shanker R. (2008). Ecofriendly Ultrasonic Natural Dyeing of Cotton Fabric with Enzyme Pretreatments, *Desalination*, 230, 62-69.

Vankar, P. S., Shanker R., Dixit, S., Mahanta, D. (2009). Sonicator Dyeing of Cotton, Wool and Silk with the Leaves Extract, *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 6, 1-11.

Vankar, P.S., Shanker R., and Avani, V. (2007). Enzymatic Natural dyeing of cotton and silk fabrics without metal mordants, *Journal of Cleaner Production*, 15, 1441-1450.

Vankar, P.S., Shanker R., Mahanta D., and Tiwari S.C. (2008). Ecofriendly Sonicator Dyeing of Cotton with Rubia cordifolia Linn. using biomordant, *Dyes and Pigments*, 76, 207-212.

Vuthiganond N., Nakpathom M., Mongkholrattanasit R. (2018). Metal-free Dyeing of Cotton Fabric Using Mangrove Bark Polyphenols via Azoic Dyeing, *Fibers and Polymers*, 19(12), 2524-2532.

Yıldırım, L., İşmal, Ö.E. (2017). Tasarıma Ekolojik Bir Yaklaşım: Atık Biyomateryalle Renklendirilmiş Çocuk Giysileri. Akdeniz Üniversitesi, II. Uluslararası Akdeniz Sanat Sempozyumu, Doğal Boya Sempozyumu-Çalıştayı-Sergisi.

Yıldırım, L., İşmal, Ö.E. (2019). Banana Peel in Dyeing of Polyamide/Elastane Blend Fabric, *Research Journal of Textile and Apparel*, 23(2), 124-133. DOI: 10.1108/RJTA-07-2018-0043.

Yin, Y., Jia, J., Wang, T., Wang, C. (2017). Optimization of natural anthocyanin efficient extracting from purple sweet potato for silk fabric dyeing, *Journal of Cleaner Production*, 149, 673-679.

Zhao, Q., Feng, H., and Wang, L. (2014) . Dyeing properties and color fastness of cellulase treated flax fabric with extractives from chestnut shell, *Journal of Cleaner Production* 80, 197-203.

Zhou, C. E., Zhang, Q., and Kan, C. W. (2019). A study of behavior of sesame dyeing on nylon, *AATCC Journal of Research*, 6 (1), 21-28.

Zhou,Y., Zhang, J., Tang, R.C., and Zhang, J. (2015). Simultaneous dyeing and functionalization of silk ith three natural dyes, *Industrial Crops and Products*, 64, 224-232.

Zuber, M., Adeel, S., Rehman, F., Anjum, F., Muneer M., Abdullah, M., and Zia K. M. (2019). Influence of microwave radiation on dyeing of bio-mordanted silk fabric using neem bark (*Azadirachta indica*)-based tannin natural dye, *Journal of Natural Fibers*, DOI: 10.1080/15440478.2019.1576569