



Yeşil Baskı Teknolojileri: Koşinil Doğal Boyası ile Sürdürülebilir Serigrafi Baskı Uygulamaları

Bekir KESKİN^{1*} · Meral ÖZOMAY^{2*} · Cengiz ŞAHİN^{3*} · Zafer ÖZOMAY^{4*}

¹Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Fine Arts, Department of Visual Communication Design, Ankara, Türkiye

²Marmara University, Faculty of Technology, Department of Textile Engineering, İstanbul, Türkiye

³Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Architecture and Fine Arts, Department of Visual Communication Design, Ankara, Türkiye

⁴Marmara University, Faculty of Applied Sciences, Department of Printing Technologies, İstanbul, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 27/08/2026
Düzeltilme: 19/09/2026
Kabul: 21/09/2026

Anahtar Kelimeler

Serigrafi Baskı
Doğal Boya
Sürdürülebilirlik
Koşinil
Renk Haslığı

Article Info

Research article
Received: 27/08/2026
Revision: 19/09/2026
Accepted: 21/09/2026

Keywords

Screen Printing
Natural Dyes
Sustainability
Cochineal
Color Fastness

Grafik Özet (Graphical/Abstract)

Koşinil ekstraktı, biyo-kıvamaştırıcılar (nişasta/guar gum) ve PAS mordanı ile pamuk/viskoz kumaşlarda serigrafi baskısı incelenmiştir. Nişasta ve PAS (%3) renk verimini artırırken, yıkama/ışık haslıkları geliştirilmelidir. / Screen printing with cochineal extract, bio-thickeners (starch/guar gum), and PAS mordant was evaluated on cotton/viscose fabrics. Starch and PAS (3%) enhanced color yield; light/washing fastness require improvement.



Şekil A: Yeşil Baskı Teknolojileri: Koşinil Doğal Boyası ile Sürdürülebilir Serigrafi Baskı Uygulamaları / Figure A: Green Printing Technologies: Sustainable Screen Printing Practices Using Cochineal Natural Dye

Önemli noktalar (Highlights):

- Koşinil boyası ile serigrafi için çevre dostu baskı patları hazırlanmıştır. / Eco-friendly screen printing pastes were formulated using cochineal dye
- PAS mordanı renk verimini artırmış, %3 konsantrasyonunda optimum denge sağlanmıştır. / PAS mordant increased color yield, reaching optimum balance at 3%
- Nişasta, özellikle viskoz kumaşta guar gum'a göre daha yüksek renk derinliği vermiştir. / Starch provided higher color depth than guar gum, especially on viscose.
- Kuru sürtünme haslığı mükemmel, ışık ve yıkama haslıkları ise sınırlı kalmıştır. / Dry rubbing fastness was excellent, whereas light and washing fastnesses were low

Amaç (Aim): Koşinil ekstraktının serigrafi baskıda farklı kıvamaştırıcı ve mordan koşullarındaki performansını incelemektir. / To evaluate cochineal extract performance in screen printing under varied thickener and mordant conditions.

Özgünlük (Originality): Biyobozunur kıvamaştırıcılarla koşinil serigrafi baskısının selülozik kumaşlardaki karşılaştırmalı analizi literatürdeki boşluğu doldurmaktadır. / Comparative analysis of cochineal screen printing with bio-thickeners on cellulosic fabrics fills a gap in the literature.

Bulgular (Results): Renk verimi (K/S) %3 PAS'a kadar artıp doygunluğa ulaşmış; nişasta viskozda guar gum'dan üstün çıkmıştır. Kuru sürtünme ve lekeme haslıkları mükemmel (5), yıkama ve ışık haslıkları ise düşük kalmıştır. / K/S increased up to 3% PAS; starch outperformed guar gum on viscose. Dry rubbing/staining fastness was excellent (5), while washing and light fastness remained low.

Sonuç (Conclusion): Sürdürülebilir koşinil patları dekoratif ve sanatsal tekstiller için uygundur; günlük giyim için haslıkların geliştirilmesi gerekmektedir. / Sustainable cochineal pastes suit decorative and artistic textiles; fastnesses must be improved for daily apparel.



Yeşil Baskı Teknolojileri: Koşinil Doğal Boyası ile Sürdürülebilir Serigrafi Baskı Uygulamaları

Bekir KESKİN^{1*} , Meral ÖZOMAY^{2*} , Cengiz ŞAHİN^{3*} , Zafer ÖZOMAY^{4*}

¹Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, Ankara, Türkiye

²Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, Ankara, Türkiye

⁴Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Basım Teknolojileri Bölümü, İstanbul, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 27/08/2026
Düzeltilme: 19/09/2026
Kabul: 21/09/2026

Anahtar Kelimeler

Serigrafi Baskı
Doğal Boya
Sürdürülebilirlik
Koşinil
Renk Haslılığı

Öz

Küresel iklim değişikliği sorunu, her alanda bazı değişikliklerin yapılmasını ve süreçlerin iyileştirilmesini zorunlu hâle getirmiştir. Geniş üretim hacmi ve hammadde aşamasından kullanım sonrası atık sürecine kadar uzanan etkisiyle tekstil sektörü, çevre kirliliği üzerinde ciddi baskı oluşturan ve öncelikli iyileştirme gerektiren başlıca sektörlerden biridir. Tekstil kumaşlarının renklendirilmesinde sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biri olan serigrafi baskıda tercih edilen sentetik boya kullanımının olumsuz çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilir malzemelerin kullanımını teşvik etmeye yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada koşinil böceğinden elde edilen ekstrakt, serigrafi baskı mürekkebi yapımında doğal boya olarak kullanılmıştır. Çalışmada guar gum ve nişasta ile ayrı ayrı kıvamlastırılan ekstrakt ile mordansız ve Potasyum Alüminyum Sülfat mordanının farklı konsantrasyonlarına sahip mürekkep ile pamuk ve viskoz kumaşlara baskı yapılmıştır. Baskıların spektrofotometrik ölçümleri yapılmış olup; ışık, sürtünme ve yıkama haslıkları analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, koşinil esaslı doğal baskı patlarının serigrafi baskıda sürdürülebilir bir alternatif oluşturma potansiyeline sahip olduğunu; ancak ışık ve yıkama haslıklarının iyileştirilmesinin endüstriyel uygulanabilirlik açısından gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Green Printing Technologies: Sustainable Screen Printing Applications with Cochineal Natural Dye

Article Info

Research article
Received: 27/08/2026
Revision: 19/09/2026
Accepted: 21/09/2026

Keywords

Screen Printing
Natural Dyes
Sustainability
Cochineal
Color Fastness

Abstract

Global climate change has made it imperative to introduce changes and improve processes across various sectors. Owing to its high production volume and its environmental impact extending from raw material sourcing to post-use waste generation, the textile industry is among the sectors exerting considerable pressure on the environment and thus requiring priority improvement. In textile coloration, screen printing is one of the widely preferred methods; however, the environmental drawbacks associated with the use of synthetic dyes in this process highlight the need for studies promoting the use of sustainable materials.

In this study, an extract derived from the cochineal insect was utilized as a natural dye in the formulation of screen-printing inks. The extract was separately thickened with guar gum and starch, and printing was applied to cotton and viscose fabrics using inks prepared both without mordant and with varying concentrations of potassium aluminum sulfate as a mordant. Spectrophotometric measurements were conducted on the printed samples, and light, rubbing, and washing fastness properties were evaluated. The results demonstrate that cochineal-based natural printing pastes have the potential to serve as a sustainable alternative in screen printing; however, improvements in light and washing fastness are required to enhance their industrial applicability.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tekstil sektörü, üretim süreçlerinde yoğun su, enerji ve kimyasal kullanımı barındırmaktadır. Bu nedenle

çevreye zararlı endüstriler arasında gösterilir. Özellikle tekstil ürünlerini renklendirmek için kullanılan geleneksel baskı ve boyama süreçleri,

atık su, kimyasal kalıntılar ve enerji tüketimi, sürdürülebilirlik açısından tartışmalı süreçlerdir.

Serigrafi baskı, halihazırda tekstil baskıcılığında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu baskı tekniği farklı özellikteki kumaşlara kolaylıkla uygulanabilir olması, elde edilen desenlerin keskin olması ve esnek bir yöntem olması gibi önemli avantajlara sahiptir. Bunun yanında, geleneksel serigrafi baskı uygulamalarında genellikle sentetik esaslı mürekkepler, kıvamlaştırıcılar ve çeşitli yardımcı kimyasallar kullanılmaktadır. Bu durum çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik yeni yaklaşımları kaçınılmaz hale getirmektedir. Doğal boyarmaddelerin serigrafi baskı sistemlerine uyarlanması hem sürdürülebilir üretim anlayışına katkı sağlayacak hem de tekstil yüzeylerinde çevre dostu alternatif renklendirme imkanları sunacaktır.

Doğal boyarmaddelerin tekstil yüzeylerinde kullanımına yönelik çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir. Özellikle bu boyarmaddelerin konvansiyonel boyama süreçlerindeki renk verimi, mordan etkisi ve haslık özellikleri üzerine birçok araştırma bulunmaktadır. Bununla birlikte, koşinil ekstraktının serigrafi baskı sistemlerinde biyobozunur kıvamlaştırıcılarla birlikte, farklı selülozik kumaş türleri üzerinde karşılaştırmalı performansına ilişkin çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, koşinil ekstraktının doğal boyarmadde olarak serigrafi baskıda kullanılabilirliğini incelemektir. Bu amaçla farklı kıvamlaştırıcı ile mordan koşullarında baskı performansları değerlendirilmiştir.

2. TEKSTİL SERİGRAFI BASKISINDA DOĞAL BOYALARIN KULLANIMI (APPLICATION OF NATURAL DYES IN TEXTILE PRINTING/SCREEN PRINTING)

Serigrafi baskı, tekstil renklendirme ve desenlendirme işlemlerinde endüstriyel ve sanatsal alanda en yaygın kullanılan geleneksel ve modern baskı yöntemlerden biridir. Farklı yüzey, şekil ve boyutlara uygulanabilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Kökeni Asya'ya dayanan bu yöntem, zamanla gelişerek birçok endüstriyel alanda önemli bir üretim tekniği hâline gelmiştir. Bu teknik, gözenekli bir ipek, naylon veya polyester elek (gözenekli şablon) üzerine ışığa duyarlı emülsiyonlar aracılığıyla desenin aktarılması ve ardından basılmak istenmeyen bölgelerin kapatılması esasına dayanır. Baskı patı (mürekkep), bir ragle (rakle) yardımıyla şablonun açık gözeneklerinden kumaş yüzeyine sıyrılarak aktarılır. Baskı kalitesi; elek yapısı, rakle, mürekkep özellikleri ve işlem koşulları gibi çeşitli parametrelere bağlıdır [1-3]. Çok yönlülük,

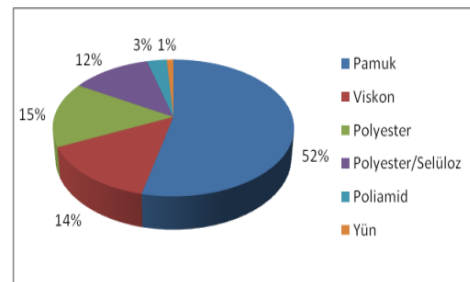
ekonomiklik ve kullanım kolaylığı gibi avantajlar sunması sebebiyle serigrafi baskı, tekstil baskısı alanında büyük bir kullanım ve gelişim potansiyeline sahiptir [4]. Serigrafi baskı, teknik tekstil ürünleri, deri eşyalar, ev tekstilleri, giyim ve ayakkabı tekstilleriyle dekoratif tekstiller dahil olmak üzere çok çeşitli malzemelere baskı yapmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Serigrafi baskı; yüksek renk verimi, desen netliği, kalın kumaşlar dahil farklı yüzeylere uygulanabilme esnekliği ve transfer baskı yöntemlerine kıyasla derinlemesine boyarmadde penetrasyonu sağlaması nedeniyle tekstil sektöründe Şekil 1'de görüldüğü üzere baskılı ürünlerin üretiminde çok büyük bir paya sahiptir. Geleneksel serigrafi baskıda viskoziteyi ve renk kalıcılığını sağlamak amacıyla yoğun şekilde sentetik polimerler, plastik esaslı (plastisol) mürekkepler ve ağır metaller içeren pigmentler kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, bu kimyasalların atık su yükü ve çevreye olan toksik etkileri, baskı patlarında biyobozunur kıvamlaştırıcıların ve doğal boyarmaddelerin kullanımını bir zorunluluk haline getirmektedir [5,6].

2.1. Tekstil Baskısında En Yaygın Kullanılan

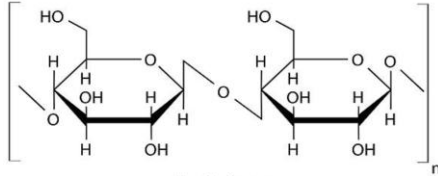
Lif Türleri (Fiber Types Most Commonly Used in Textile Printing)

Tekstil lifleri, iplik üretiminde kullanılabilen temel hammaddelerden biridir ve birçok endüstriyel ürünün yapısında yer alır. Bu lifler kökenlerine göre genel olarak bitkisel, hayvansal, mineral ve yapay olmak üzere farklı gruplara ayrılır. Bitkisel lifler selüloz esaslıdır; hayvansal lifler arasında yün ve ipek gibi protein temelli türler bulunur; mineral liflere ise asbest örnek gösterilebilir. Yapay lifler ise üretim şekillerine göre iki ana grupta ele alınır. Bunlardan ilki, doğal polimerlerin işlenmesiyle elde edilen rejenere selülozik liflerdir. Diğerisi ise etilen, propilen, benzen ve ksilen gibi petrol türevi hammaddelerden üretilen sentetik liflerdir. Tekstil baskısında en yaygın kullanılan lif türü pamuktur (Şekil 1) [2-4,7].



Şekil 1. Tekstil baskıcılığında kullanılan lifler ve kullanım oranları (Fibers used in textile printing and their usage rates)

Pamuğun yapısında bulunan serbest hidroksil grupları pek çok açıdan önemlidir. En önemli işlevlerinden biri, suda çözünen boyar maddeler ve kimyasallarla etkileşime girebilmeleridir. Kovalent bağlar, boyar madde ile lif arasında kurulan en güçlü bağlardır. Doğal parlaklığı düşük olduğu için mat bir yapıya sahip olan pamuk lifi, yüksek nem tutma kapasitesine sahiptir. Bitkisel ve selüloz esaslı olması nedeniyle asitlere karşı hassas, bazlara karşı ise dirençlidir (Şekil 2) [8].

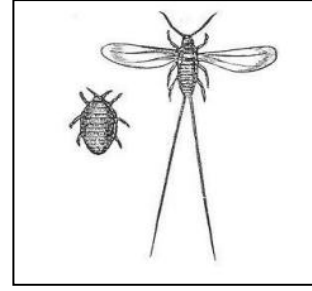


Şekil 2. Selülozun kimyasal yapısı (Chemical structure of cellulose)

Viskoz, yapısal olarak pamuk gibi selüloz esaslı bir lif olmasına karşın, doğal selülozun kimyasal işlemlerle çözündürülüp yeniden lif formuna dönüştürülmesiyle elde edildiğinden rejenere selüloz lifleri sınıfında yer almaktadır. Yumuşak tutumu ve dökümlü yapısıyla bilinen viskoz, aynı zamanda iyi nem alma ve boyanabilirlik özellikleri göstermektedir. Bununla birlikte, özellikle yaş mukavemetinin düşük olması ve ısıya karşı dayanımının sınırlı olması başlıca dezavantajlarındandır. Selülozik yapıları nedeniyle hem pamuk hem de viskoz kumaşlar uygun boyama ve baskı performansı sergilemektedir [8-9].

Doğal boyalar çeşitli bitki, hayvan, mineral, bakteri ya da mantarlardan elde edilmektedir. Tekstil yüzeyine uygulanması esnasında bağlayıcı olarak nitelendirilen potasyum alüminyum sülfat, demir sülfat, sitrik asit, bakır sülfat gibi mordan malzemeleri ile kullanımı yaygındır. Bitkisel boyarmaddeler daha çok soğan kabuğu, ceviz kabuğu, kökboya, safran, çay, zeytin yaprağı, kekik, meyankökü gibi renk veren bitkilerdir. Boyamada bitkilerin kabuk, yaprak, çiçek, kök ya da meyveleri kullanılabilir [10-11].

Hayvanların doğal boyamada kullanımı bitkilere kıyasla daha sınırlıdır. Boyamada kullanılan hayvanlar kermes, koşinil ve lak böceği ile bir tür deniz salyangozudur. Çalışmada kullanılan koşinil böceği “boyacı kermesi” olarak adlandırılan ve yüzyıllardır boyamada kullanılan bir böcektir. Şekil 3’te görseli verilen böceğin kanatlı olanları erkektir ve boyamada kullanılmazlar. Kanatsız olanı ise boyamada kullanılan böceğin dişisidir. Bu böcekler kaktüs bitkisi üzerinde yaşarlar ve bitkinin özsuyla beslenirler [12-13].



Şekil 3. Koşinil böceği (Cochineal insect)

2.2. Doğal Boyaların Serigrafi Baskıda

Kullanımı (The Utilization of Natural Dyes in Screen Printing)

Binlerce yıldır tekstilin renklendirilmesinde doğal boyalar kullanılmaktadır. Tekstilin doğal boyalarla renklendirilmesi genel olarak ya tamamının boyanması ya da baskı uygulamaları olarak iki ana şekilde gerçekleştirilir. 19. yy.’ın başlarına kadar geleneksel olarak doğal boyalarla gerçekleştirilen baskı sentetik boyaların keşfedilmesi ile çeşitli ticari kaygılardan da dolayı günümüzde yerini neredeyse tamamen sentetik boyalara bırakmıştır. Fakat sentetik boyaların çevreye verdiği zarar hakkında toplumun bilinçlenmesi, karbon ayak izinin azaltılması gibi kaygılardan dolayı doğal boya kullanımı yavaş yavaş bir zorunluluk haline gelmeye başlamış, doğal boyama yöntemlerine olan ilgi artmıştır [13,15].

Serigrafi baskıda amaç genellikle düz renk ya da renksiz bir tekstil yüzeyinde desen oluşturmaktır. Serigrafi baskıda kullanılacak doğal boyarmadde, türüne göre su ve alkol benzeri uygun bir çözücüde bekletilerek ya da kaynatılarak elde edilmektedir. Serigrafi baskıda amaç kumaş yüzeyinde desen oluşturulması olduğundan, baskı patının yeterli viskoziteye sahip olması gerekir. Bu sebeple baskı patı formülasyonlarında alginat ve nişasta türevleri gibi kıvamlaştırıcılar kullanılmaktadır [16].

3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

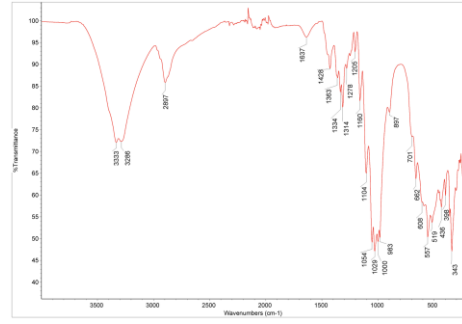
3.1. Materyaller (Materials)

Çalışmada substrat olarak %100 pamuk ve %100 rejenere selüloz (viskoz) kumaşlar kullanılmıştır. Pamuk kumaş (Şekil4, Şekil5); 145 g/m² gramajlı, bezayağı dokulu, Ne 30/1 iplik numaralı, 30 tel/cm çözgü ve 28 tel/cm atkı sıklığına sahiptir.

Viskoz kumaş (Şekil6, Şekil7); 140 g/m² gramajlı, bezayağı dokulu, Ne 30/1 iplik numaralı, 32 tel/cm çözgü ve 28 tel/cm atkı sıklığına sahiptir.



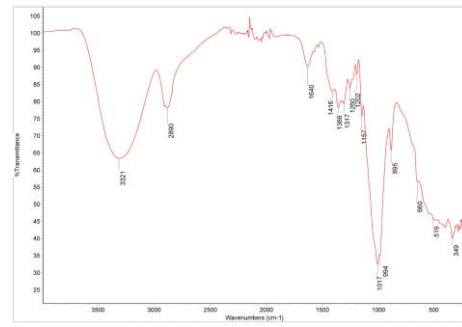
Şekil 4. Pamuk lifinin boyuna kesit görüntüsü (Longitudinal view of cotton fiber)



Şekil 5. Pamuk kumaşının ATR-FTIR spektrumu (ATR-FTIR spectrum of cotton fabric) (Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared)



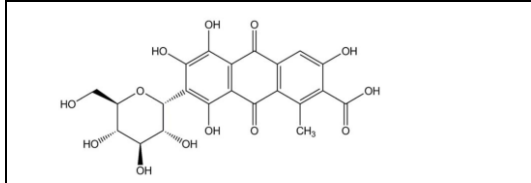
Şekil 6. Viskoz lifinin boyuna kesit görüntüsü (Longitudinal view of viscose fiber)



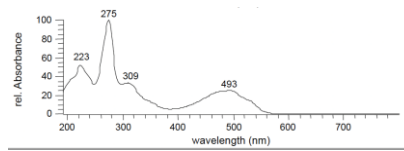
Şekil 7. Viskoz kumaşının ATR-FTIR spektrumu (ATR-FTIR spectrum of viscose fabric)

Koşinil, özellikle tekstil ve gıda renklendirmesinde kullanılan, dişileri renk veren ve kaktüs üzerinde yaşayan bir boya böceğidir. Boyarmaddesi karminik asittir (Şekil 8). Doğal boyarmadde

kaynağı olarak *Dactylopius coccus* Costa (koşinil) böceği kullanılmış olup ham madde Natural Dyes (İstanbul, Türkiye) (Şekil 9) firmasından temin edilmiştir.



Şekil 8. Karminik asitin kimyasal yapısı (Chemical structure of carminic acid)



Şekil 9. Karminik asitin HPLC kromatogramı (HPLC Chromatogram of Carminic Acid)

Mordan olarak $\geq 99\%$ saflıkta potasyum alüminyum sülfat dodekahidrat $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ (Merck, Almanya) kullanılmıştır. Kıvamlaştırıcı olarak gıda sınıfı mısır nişastası ve guar gum tercih edilmiştir. Ön işlem ve nötralizasyon aşamalarında sodyum karbonat (Na_2CO_3), hidrojen peroksit (H_2O_2 , %35), sodyum hidroksit ($NaOH$), asetik asit (%60) ve noniyonik deterjan kullanılmıştır. Tüm proseslerde saf su kullanılmıştır.

3.2. Metot (Methods)

3.2.1. Kumaş Hazırlığı (Fabric Preparation)

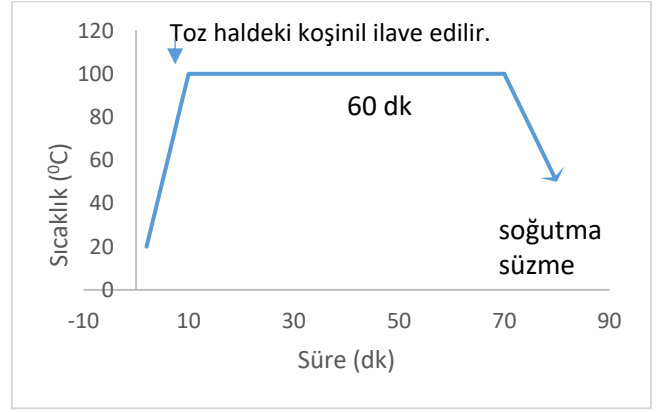
Serigrafi baskı öncesi kumaşlar haşıl sökme, ağartma ve nötralizasyon ön işlemlerinden geçirilmiştir. Tüm aşamalarda Flotte 1/20 oranında uygulanmıştır.

Haşıl sökme ve yağ giderme (Scouring): Pamuk kumaşlar %2 Sodyum Karbonat (Na_2CO_3) ve %2 noniyonik deterjan içeren banyoda 90 °C'de 45 dakika; viskoz kumaşlar %1 Sodyum Karbonat (Na_2CO_3) ve %1,5 noniyonik deterjan içeren banyoda 65 °C'de 30 dakika işlem görmüştür.

Ağartma (Bleaching): Pamuk kumaşlar %4 Hidrojen Peroksit (H_2O_2) (%35'lik), %1 Sodyum Hidroksit ($NaOH$) ve %1 ıslatıcı içeren banyoda 90

°C'de 45 dakika; viskoz kumaşlar %2,5 Hidrojen Peroksit (H₂O₂) (%35'lik), %0,5 Sodyum Hidroksit (NaOH) ve %1 ıslatıcı içeren banyoda 70 °C'de 30 dakika ağartılmıştır.

Nötralizasyon: Her iki kumaş türü de %1 asetik asit (%60'lık) ve %1 Sodyum Hidroksit (NaOH) içeren banyoda 40 °C'de 15 dakika nötrale edilerek pH 6–7 aralığına getirilmiştir. Ön işlem sonrasında kumaşlar düz bir zemine serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kumaşlar 12*12 cm ölçülerinde kesilerek baskıya hazır hale getirilmiştir.



3.2.2. Boyanın Hazırlanması (Dye Preparation)

Ekstrakt Elde Etme: Koşinil ekstraktının elde edilmesinde, 3g öğütülmüş koşinil böceği 320 ml saf su içerisine eklenerek 100°C sıcaklıkta 60 dakika boyunca kaynatılmıştır (Şekil 10). Buharlaşmayı dengelemek için her 10 dakikada bir eksilen su yerine aynı sıcaklıkta saf su ilave edilmiştir. Süre sonunda çözelti oda sıcaklığında soğutulmuş, elde edilen ekstrakt önce naylon süzgeçten geçirilerek kaba süzölmüştür. Daha sonra Whatman Grade No. 1 filtre kâğıdı ile ikinci kez filtre edilmiştir. Ekstrakt, hazır hale geldikten sonra 2 saat içinde uygulanmıştır. Ekstraktın kimyasal bileşimi HPLC ile kumaş yüzeylerinin yapısal karakterizasyonu ise FTIR spektroskopisi ile incelenmiştir.

Şekil 10. Koşinil ekstratı hazırlama grafiği (Flow chart of cochineal extract preparation)

Baskı Patı Hazırlama: Baskı patları, koşinil ekstraktına önce PAS mordanının %0, %1, %3 ve %5 konsantrasyonlarda eklenip çözündürülmesi, ardından kıvamlaştırıcının ilave edilmesiyle hazırlanmıştır. Kıvamlaştırıcı olarak 100 mL pat başına 4 gr mısır nişastası veya 1 gr guar gum kullanılmıştır. Karışımlar sıcak plaka üzerinde karıştırılarak 10 dakika kaynatılmış ve sıcak saf su ilavesiyle toplam hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır (Tablo 1). 2 kıvamlaştırıcı × 4 mordan konsantrasyonu × 2 kumaş türü olmak üzere toplam 16 baskı varyasyonu oluşturulmuştur (Tablo 2).

Tablo 1. Baskı Patı Hazırlama Reçetesi (Printing Paste Preparation Recipe)

	Baskı patı 1		Baskı patı 2	
Mordansız	40ml	koşinil ekstraktı	40ml	koşinil ekstraktı
	4g	nişasta	1g	Guar gum
	60 ml	saf su	60 ml	saf su
	40ml koşinil ekstraktı olan behere 4g nişasta eklendi. Karışım hotplate üzerine alınarak topaklanmaması için karıştırarak azar azar üzerine 100ml'ye tamamlanacak şekilde sıcak saf su ilave edildi. 10 dk boyunca ocakta karıştırılarak kaynatıldı.		1g guar gum 60 ml saf su içinde ısıtılarak çözündürüldü. Elde edilen guar gum çözeltisi ile 40 ml koşinil ekstraktı birleştirilerek 10 dk boyunca ocakta karıştırılarak kaynatıldı.	
%1 PAS	40ml	koşinil ekstraktı	40ml	koşinil ekstraktı
	4g	nişasta	1g	Guar gum
	60 ml	saf su	60 ml	saf su
	%1	PAS	%1	PAS
%3 PAS	40ml	koşinil ekstraktı	40ml	koşinil ekstraktı
	4g	nişasta	1g	Guar gum
	60 ml	saf su	60 ml	saf su
	%3	PAS	%3	PAS
%5 PAS	40ml	koşinil ekstraktı	40ml	koşinil ekstraktı
	4g	nişasta	1g	Guar gum
	60 ml	saf su	60 ml	saf su
	%5	PAS	%5	PAS
	40ml koşinil ekstraktı olan beherlere önce PAS mordanı (%1, %3, %5) ilave edildi. PAS mordanı çözündükten sonra beherlere 4'er g nişasta eklendi. Karışımlar hotplate üzerine alınarak topaklanmaması için karıştırarak azar azar üzerine 100ml'ye tamamlanacak şekilde sıcak saf su ilave edildi. 10 dk boyunca ocakta karıştırılarak kaynatıldı.		40ml koşinil ekstraktı olan beherlere önce PAS mordanı (%1, %3, %5) ilave edildi. Aynı bir beherde 1g guar gum 60 ml saf su içinde ısıtılarak çözündürüldü. Elde edilen guar gum çözeltileri ile 40 ml koşinil ekstraktları ayrı ayrı birleştirilerek 10 dk boyunca ocakta karıştırılarak kaynatıldı.	

Tablo 2. Deney Seti ve Kodları (Experimental Design and Codes)

Kod	Kıvamlaştırıcı	PAS (%)	Kumaş
NMSIZP	Nişasta	0	Pamuk
N%1P	Nişasta	1	Pamuk
N%3P	Nişasta	3	Pamuk
N%5P	Nişasta	5	Pamuk
NMSIZV	Nişasta	0	Viskoz
N%1V	Nişasta	1	Viskoz
N%3V	Nişasta	3	Viskoz
N%5V	Nişasta	5	Viskoz
GMSIZP	Guar gum	0	Pamuk
G%1P	Guar gum	1	Pamuk
G%3P	Guar gum	3	Pamuk
G%5P	Guar gum	5	Pamuk
GMSIZV	Guar gum	0	Viskoz
G%1V	Guar gum	1	Viskoz
G%3V	Guar gum	3	Viskoz
G%5V	Guar gum	5	Viskoz

3.2.3. Serigrafi Baskı (Screen Printing)

Baskılar serigrafi tekniğiyle manuel olarak, 10 × 10 cm boyutlarında düz alan deseni kullanılarak ve her numuneye üç rakle geçişi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Baskı sonrasında numuneler 24 saat ortam koşullarında kurutulmuştur. Sabitleme amacıyla 150–160 °C'de 2 dakika süreyle, orta basınçta hareketli ütüleme işlemi uygulanmıştır.

3.2.4. Ölçüm ve Testler (Measurements and Tests)

Baskılı numunelerin CIELab (L*, a*, b*) koordinatları ve K/S değerleri spektrofotometre ile ortalama gün ışığında standart gözlemci koşullarında ölçülmüştür. K/S değerleri Kubelka–Munk denklemiyle hesaplanmıştır. Her numuneden ölçüm alınmış ve ortalama değerler raporlanmıştır. Numunelerin parlaklık (gloss) ve haslık testleri yapılmıştır.

4. BULGULAR (RESULTS)

Araştırma kapsamında %100 pamuklu ve viskoz kumaşlar üzerine serigrafi baskı uygulamaları yapılmıştır. Bu uygulamalarda koşinilden elde edilen doğal ekstraktlar kullanılmıştır. Boyar maddeleri serigrafi baskıya uygun hale getirebilmek için kıvamlaştırıcı (viskozite artırıcı) olarak guar gum (guar zımkı) ve mısır nişastası kullanılmıştır. Ekstrakta mordanlama işlemi için farklı değerlerde şap eklenmiştir. Tüm baskı denemeleri sınıflandırılarak; kumaş cinsi, boyarmadde, boyama-baskı yöntemi, gerekli süreler ve

sıcaklıklar, mordanlama yöntemi ve elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

4.1. PAS mordanının renk verimine etkisi (Influence of PAS Mordant on Color Yield)

Baskı patına farklı konsantrasyonlarda eklenen potasyum alüminyum sülfat (PAS) mordanının renk verimi üzerindeki etkisi Tablo 3'de K/S ve CIELab değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. PAS konsantrasyonundaki artışla paralel bir şekilde dört deneyin tamamında da K/S değerleri sistematik olarak yükseldiği görülmektedir. Pamuk kumaşta K/S, mordanlıdan %5 PAS içeren numuneye doğru 82,34'ten 92,23'e (+%12,0), guar gum numunesinde 82,55'ten 92,35'e (+%11,9) çıkarken; viskoz kumaşta artış çok daha belirgindir. Değerler 74,79'dan 88,14'e (+%17,8), guar gumda 60,83'ten 86,98'e (+%43,0) çıkmıştır. Söz konusu artış, karminik asidin Al³⁺ iyonları ile kompleks oluşturarak lif yüzeyine bağlanmasını güçlendirdiğini bildiren literatür bulgularıyla örtüşmektedir [17-18, 21]. Bununla birlikte, %3 PAS düzeyinden sonra artış eğrisinin yavaşlaması, bağlanabilir aktif bölgelerin büyük ölçüde dolmuş olabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 3. Baskı Renk Verimi (Printing Color Yield)

	L	a	b	Gloss	K/S
NMSIZP	81,87	11,48	4,63	26,87	82,34
N%1P	66,78	17,62	-11,12	14,47	87,15
N%3P	68,11	21,71	-11,88	15,61	90,9
N%5P	69,08	23,62	-11,4	15,34	92,23
NMSIZV	82,69	3,59	3,12	25,51	74,79
N%1V	62,52	16,33	-8,78	12,19	81,04
N%3V	61,7	21,9	-9,85	10,96	84,66
N%5V	61,79	25,82	-10,41	10,78	88,14
GMSIZP	78,11	15,16	3,57	22,47	82,55
G%1P	75,55	15,6	-7,34	19,96	88,85
G%3P	74,07	16,5	-8,89	19,62	89,82
G%5P	76,62	16,21	-8,32	21,45	92,35
GMSIZV	75,19	2,69	3,36	20,25	60,83
G%1V	73,35	14,25	-6,31	20,33	83,85
G%3V	66,91	18,52	-8,64	15,12	86,24
G%5V	71,23	18,37	-9,15	14,87	86,98

Kolorimetrik veriler bu kaymayı doğrulamaktadır. PAS eklenmesiyle b* değerleri belirgin biçimde negatifleşmiş (-6,31 ila -11,88), a* değerleri yükselmiş (viskoz-nişastada 3,59 → 25,82) ve L* değerleri düşmüştür. Bu üç yönlü değişim, karminik

asit-alüminyum kompleksinin bilinen banyokromik etkisiyle örtüşmektedir [12-13,19-20]. Ancak K/S artışı %3 PAS sonrasında yavaşlamaktadır (örn. viskoz-guar gumda %3 → %5: 86,24 → 86,98). Bu eğilim, lif yüzeyinde bağlanabilir boyar madde ve koordinasyon bölgesi açısından bir doygunluğa yaklaşıldığını düşündürmektedir. Bu gözlem uygulama açısından önemlidir. Alüminyum bazlı mordanların çevresel yükü ve proses maliyeti dikkate alındığında, %3 PAS konsantrasyonunun renk verimi ile çevresel etki arasında daha dengeli bir optimum renk sunduğu düşünülebilir [14-15, 21-23].

4.2. Kıvamlaştırıcı etkisi: nişasta ve guar gum karşılaştırması (Effect of Thickener: Comparison of Starch and Guar Gum)

Serigrafi baskıda kıvamlaştırıcı, patın reolojisini belirleyerek boyar maddenin elekten kumaşa geçişini, penetrasyon derinliğini ve desen netliğini doğrudan etkileyen temel bileşendir [19,24]. Bu çalışmada mısır nişastası (4 g/100 mL) ve guar gum (1 g/100 mL) aynı ekstrakt ve mordan koşulları altında Tablo 4.1'de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, kıvamlaştırıcı etkisinin lif türüne bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Pamuk kumaşta iki kıvamlaştırıcı arasında anlamlı fark yoktur. Mordansız numunelerde K/S değerleri nişasta için 82,34, guar gum için 82,55 olup neredeyse aynıdır. %5 PAS'ta 92,23'e karşı 92,35 değerleri ile benzeşmektedir. Viskoz kumaşta nişasta tüm değerler açısından bariz bir şekilde üstündür. Fark mordansız koşulda yaklaşık 14 birim fark ile en büyüktür (74,79'a karşı 60,83). Bu fark, nişastanın jelatinizasyonla oluşturduğu yoğun filmin boyar maddeyi yüzeyde tutması ile guar gumun yüksek su bağlama kapasitesinin şişme eğilimli viskozda boyar madde yayılımını artırmasıyla açıklanabilir. Guar gum ve nişastanın baskı performansının substrata bağlı değiştiği literatürde de yer almaktadır [24,25].

Parlaklık (gloss) verileri de kıvamlaştırıcılar arasındaki yüzey davranışı farkını desteklemektedir. Mordansız nişastalı numuneler en yüksek gloss değerlerini vermiştir (26,87/25,51). PAS eklenmesi her iki numunede de gloss değerlerini düşürmüştür (10,78–21,45 aralığı). Bu düşüş mordan kompleksinin yüzeyde daha mat bir film oluşturduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmada patların viskozitesi deneysel olarak ölçülmemiş olsa da, serigrafi baskıda kullanılan %4 mısır nişastası ve %1 guar gum bazlı patların, ragle basıncı altında akışkanlaşan (psödoplastik/shear-thinning) reolojik davranış sergilediği literatürde bilinmektedir. Raglenin uyguladığı yüksek kayma hızlarında her iki patın da viskozitesi düşüş göstermektedir. Bu

reolojik davranış farkının doğrudan bir sonucu olarak; nişastanın oluşturduğu yoğun film tabakası boyayı viskoz kumaş yüzeyinde tutarak renk verimini artırırken, guar gum ise yüksek su bağlama kapasitesiyle boyanın şişme eğilimli viskoz liflerinin içine yayılmasını kolaylaştırmaktadır.

4.3. Lif türü etkisi (Effect of Fiber Type)

İki lif de selülozik yapıdadır. Pamuk doğal bir lifken viskoz rejenerasyon sürecinden geçen bir liftir. Kristalinite derecesi, amorf bölge oranı, hidroksil erişebilirliği ve şişme davranışı bakımından iki lif türü birbirinden farklılaşır [26]. Mordansız koşulda pamuk, viskozdan açık biçimde yüksek renk verimi sağlamıştır. Nişasta numunesinde 82,34'e karşı 74,79, guar gum numunesinde ise 82,55'e karşı 60,83 değeri kaydedilmiştir. Karminik asidin mordansız koşulda selüloza substantivitesi zayıf olduğundan bu değerler esas olarak yüzey tutunmasına dayanır [14,15].

PAS ilavesiyle birlikte sonuçların yön değiştirdiği görülmüştür. Viskoz, mordanlı koşullardan oransal olarak pamuğa göre çok daha fazla yararlanmışır. Viskoz-guar gum numunesinde K/S değeri mordansızdan %5 PAS'a %43 artarken (60,83 → 86,98), aynı artış pamukta %12 ile sınırlıdır (82,55 → 92,35). Nişasta numunesinde de benzer eğilim görülmektedir (viskozda +%17,8; pamukta +%12,0). Bu farklı duyarlılık, viskozun daha yüksek amorf bölge oranının karminik asit-Al³⁺ kompleksine daha fazla erişilebilir bağlanma bölgesi sunmasıyla ilişkilendirilebilir. Selülozik desteklerde amorf bölgelerin doğal boya alımındaki belirleyici rolü literatürde de vurgulanmaktadır [26,27]. a* artışının viskozda daha yüksek olması (+22,2 birime karşı pamukta +12,1) bu yorumu desteklemektedir.

Bu bulgular doğrultusunda iki çıkarım ön plana çıkmaktadır. Bunlar;

- Doğal boyalı serigrafi uygulamalarında rejenerasyonlu selülozik kumaşların mordan destekli doğal boya baskısında renk derinliği açısından pamuğa alternatif olabileceği,
- b*'nin her iki lifte de negatifleşmesi elde edilen tonun klasik sarımsı-kırmızı koşinil tonundan koyu kırmızı/kardinal tonuna kaydığını göstermektedir. Bu durum tasarım açısından ton beklentisinin mordan dozuna göre yapılması gerektiği anlamına gelmektedir.

4.4. Sürtünme haslığı (Rubbing Fastness)

Sürtünme haslığı, baskılı yüzeydeki boyar maddenin mekanik sürtünme altında başka bir yüzeye transferine karşı direncini ifade eder. Baskılı tekstillerde pratik kullanım açısından en kritik

haslık türlerinden biridir. Tablo 4’de görüldüğü gibi kuru sürtünme haslığı 16 numunenin tamamında en yüksek derece olan 5 olarak ölçülmüştür. Bu durum pat filminin kurutma sonrası yüzeyde kararlı olduğunu ve kuru koşulda boyar madde transferi yaşanmadığını gösterir. Yaş sürtünmede ise PAS artışına bağlı, pamukta daha belirgin olmak üzere düşüş izlenmiştir. Pamuk–nişasta numunesinde

mordansızda 4–5 iken %5 PAS'ta 3'e gerilemiştir. Guar gum numunesinde düşüş sınırlıdır. Bu eğilim, mordanla artan yüzey boyar madde yükünün ıslak koşulda şişen film üzerinden sınırlı transfer oluşmasıyla açıklanabilir [15, 24]. Genel olarak (kuru: 5; yaş: 3–4/5) plastisol içermeyen bir formülasyon için kabul edilebilir. Kuru sürtünmede ise mükemmel düzeydedir [24,25].

Tablo 4. Haslık Özelliklerinin Değerlendirilmesi (Evaluation of Fastness Properties)

NUMUNE KODU	SÜRTÜNME HASLIĞI		IŞIK HAS.	YIKAMA HASLIĞI						
	Kuru	Yaş		SOLMA	LEKELEME					
					Yün	Polyacrylonitrile	Polyester	Polyamide	Cotton	Acetate
NMSIZP	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5
N%1P	5	4-5	3	1-2	5	5	5	5	5	5
N%3P	5	3-4	3	1-2	5	5	5	5	5	5
N%5P	5	3	3	1-2	5	5	5	5	5	5
NMSIZV	5	4-5	8	1	5	5	5	5	5	5
N%1V	5	4-5	3	1-2	5	5	5	5	5	5
N%3V	5	4-5	3	1-2	5	5	5	5	5	5
N%5V	5	3-4	3	1-2	5	5	5	5	5	5
GMSIZP	5	3	2	1	5	5	5	5	5	5
G%1P	5	4-5	4	1	5	5	5	5	5	5
G%3P	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5
G%5P	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5
GMSIZV	5	4-5	8	1	5	5	5	5	5	5
G%1V	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5
G%3V	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5
G%5V	5	4-5	3	1	5	5	5	5	5	5

4.5. Yıkama haslığı (Washing Fastness)

Lekeleme haslığı, yün, akrilik, polyester, poliamid, pamuk ve asetatin tamamında ve tüm numunelerde 5 olarak ölçülmüştür. Bu durum yıkama sırasında kumaştan çözülen boyar maddenin komşu liflerde yeniden tutunma (back-staining) eğilimi göstermediğini ortaya koymaktadır. Lekeleme haslığı değerlerine karşılık solma dereceleri zayıftır. Mordansız numunelerde 1, mordanlı numunelerde de çoğunlukla 1–2 ölçülmüştür. Lekelemenin 5, solmanın 1–2 çıkması, sorunun transfer değil, karminik asit–Al³⁺ kompleksinin deterjanlı sıcak su ortamında kumaştan salınımı olduğunu gösterir. Benzer şekilde koşinil ile boyanmış selülozik materyallerde yıkama haslığının sınırlı kaldığı ve mordan/fiksator seçiminin belirleyici olduğu gözlemlenmiştir [26,32-35].

Baskı sabitlemesinde laboratuvar koşullarında pratikliği nedeniyle tercih edilen manuel ütüleme yöntemi, endüstriyel buharlı veya kuru sıcaklık

fiksaj sistemlerine kıyasla lif-mordan-boyar madde arasındaki koordinasyon bağlarının tam olarak kurulması için yetersiz kalmıştır. Bu durumun, deterjanlı sıcak su ortamında mordanlı karminik asit komplekslerinin lif yapısından daha kolay ayrışmasına yol açmış olabileceği ve bunun sonucunda solma değerlerinin 1–2 gibi düşük seviyelerde kalmış olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada mordanın ayrı bir banyo yerine pata doğrudan eklenmesi ve baskı sonrası termal/buhar fiksasi uygulanmaması, bağ oluşumunun tamamlanmasını kısıtlamış olabilir. Yıkama haslığının 1–2 düzeyinde olması, sık yıkanan giysiler için uygun olmadığını göstermektedir. Duvar tekstili, dekoratif pano, sanatsal serigrafi, çanta ve aksesuar gibi daha az yıkama gerektiren ürünler için uygun olduğunu göstermektedir. Bitkisel kaynaklı biyo-mordanlar (tanenler vb), katyonik/biyopolimer fiksatorlerle veya baskı sonrası termal/UV sabitleme protokolleriyle

haslığın iyileştirilebildiği literatürde yer almaktadır [27,34].

4.6. Işık haslığı (Light Fastness)

Işık haslığı, mavi yün skalasına göre 1–8 arasında derecelendirilmiş olup sonuçlar Tablo 4'te verilmektedir. Numunelerin büyük çoğunluğunda ışık haslığı 3 olarak ölçülmüştür. Bu değer, karminik asit bazlı uygulamalarda raporlanan orta düzey fotostabilite ile uyumludur. Karminik asidin UV kaynaklı fotodegradasyonu HPLC çalışmalarıyla da doğrulanmıştır [29,37]. Mordanın fotostabiliteyi artırdığı yönündeki genel literatür beklentisiyle [31,38], bu çalışmada mordansız viskoz numunelerinin ışık haslığının 8 çıkması bu beklentiyle çelişmektedir. Bunun nedeni ölçüm metodolojisine bağlı olabilir. Mavi yün değerlendirmesi, rengin gözle algılanabilir solma düzeyine dayanır ve mordansız viskoz numuneleri tüm numunelerin en düşük boyar madde yüküne sahiptir (K/S: 74,79 ve 60,83; özellikle GMSIZV'de a* yalnızca 2,69'dur). Bu kadar açık tonda, fotosolma sonucu oluşan mutlak renk kaybı, doygun renkli mordanlı numunelere kıyasla görsel olarak ayırt edilemeyecek düzeyde kalabilir. Nitekim karminik asit–alüminyum laklarının daha yüksek boyar madde yükünde daha az fotostabil olduğu gösterilmiştir [30,39]. Bu gözlem, tekrar ölçüm gerektiren bir ön bulgu olarak raporlanmaktadır.

Genel olarak ışık haslığı profili (çoğunlukla 3), sistemi iç mekân dekoratif kullanımına yönlendirmesi gerektiği göstermektedir. Tannik asit kombinasyonlarının ve bazı metal/tanen sistemlerinin ışık haslığını artırdığı bilinmektedir [40]. Bu yaklaşımların pat formülasyonuna entegrasyonu önerilmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, koşinil ekstraktı kullanılarak hazırlanan doğal içerikli serigrafi baskı patlarının pamuk ve viskoz kumaşlar üzerindeki performansı incelenmiştir. Elde edilen bulgular, Potasyum Alüminyum Sülfat (PAS) ilavesinin her iki kumaş türünde de renk verimini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, nişasta esaslı baskı patlarının, özellikle viskoz kumaşta, guar gum ile hazırlanan patlara göre daha yüksek K/S değerleri sağladığı belirlenmiştir.

Haslık sonuçları değerlendirildiğinde, kuru sürtünme ve lekeleme haslıklarının oldukça iyi olduğu görülmüştür. Buna karşılık, ışık haslığının genel olarak orta seviyede kaldığı, yıkama haslığına ait solma değerlerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, geliştirilen doğal baskı sisteminin bazı performans özellikleri açısından olumlu sonuçlar verdiğini, ancak özellikle

dayanıklılık bakımından geliştirilmesi gereken yönleri bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, koşinil esaslı bu doğal baskı patlarının serigrafi baskıda çevre dostu bir alternatif oluşturma potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, mevcut haliyle sistemin daha çok dekoratif tekstiller, sanatsal uygulamalar ve sık yıkama gerektirmeyen ürünler için uygun olduğu düşünülmektedir. Günlük kullanıma yönelik ve yüksek dayanıklılık beklenen tekstil ürünlerinde kullanılabilmesi için ise özellikle ışık ve yıkama haslıklarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmalarda biyomordanların, biyopolimer esaslı fiksatorlerin ve farklı sabitleme yöntemlerinin kullanılması yararlı olabilir. Özellikle doğal boyarmaddelerin lif yüzeyine bağlanmasını güçlendirecek çevre dostu yaklaşımların geliştirilmesi, bu tür sistemlerin endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğini artırabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI

(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Bekir KESKİN:

Fikir ve kavramlaştırma, deneysel tasarım, serigrafi baskı uygulamalarının gerçekleştirilmesi, veri toplama ve makale taslağının yazımı.

Conceptualization, experimental design, execution of screen printing applications, data collection, and writing the original draft.

Meral ÖZOMAY:

Metodoloji, boya ve baskı patı formülasyonlarının geliştirilmesi, spektrofotometrik ve haslık analizlerinin değerlendirilmesi, teknik içeriğin ve makalenin revizyonu.

Methodology, development of dye and printing paste formulations, evaluation of spectrophotometric and fastness analyses, and technical revision.

Cengiz ŞAHİN:

Literatür taramasına katkı sağlanması, şekil ve grafiklerin yayına hazırlanması, makalenin eleştirel gözden geçirilmesi ve son okuması.

Contribution to literature review, preparation of figures and graphics for publication, critical review of the manuscript, and proofreading.

Zafe ÖZOMAY:

Deneyisel süreçlerin takibi, veri analizi, basım teknolojileri perspektifiyle değerlendirme, makalenin eleştirel incelenmesi ve nihai revizyonu.

Supervision of experimental processes, data analysis, evaluation from a printing technology perspective, critical review, and final editing.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Bommineedi, L.K., Upadhyay, N., Minnes, R. (2023). Screen Printing: An Ease Thin Film Technique. In: Sankapal, B.R., Ennaoui, A., Gupta, R.B., Lokhande, C.D. (eds) Simple Chemical Methods for Thin Film Deposition. Springer, Singapore.
- [2] Hawkyard, C. J. (2003). Screen printing. In L. W. C. Miles (Ed.), Textile printing. Society of Dyers and Colourists.
- [3] Özomay, M., & Özomay, Z. (2021). The effect of temperature and time variables on printing quality in sublimation transfer printing on nylon and polyester fabric. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 882-891.
- [4] Chen, N., Liu, Y., Shao, Y., Hu, X., Zhang, X., Liu, R., ... & Li, W. (2025). Review of the latest industrial progress in screen printing. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 290, 113734.
- [5] Keskin, B., Altay, B. N., Kurt, A., & Fleming, P. D. (2020). Sustainability in paper-based packaging. *Gazi Journal of engineering sciences*, 6(2), 129-137.
- [6] Keskin, B., Altay, B. N., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O., & Fleming, P. D. (2018). Global Packaging Trends. 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, 01-03.
- [7] Zhara, H., Adeel, S., Özomay, Z., & Mia, R. (2024). Properties and performance relationship of biopolymers in textile industry. In *Biopolymers in the textile industry: Opportunities and limitations* (pp. 87-121). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [8] Suresh, R.R., Lakshmanakumar, M., Arockia Jayalatha, J.B.B. et al. (2021). Fabrication of screen-printed electrodes: opportunities and challenges. *J Mater Sci* 56, 8951–9006.
- [9] Barbosa, M.C., Rosa, S.E.S.D., Correa, A.R., Dvorsak, P., Gomes, G., (2004). *Setor de fibras sintéticas e suprimento de intermediários petroquímicos*. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 20, 77-125.
- [10] Peterson, A., (2014). Towards Recycling of Textile Fibres: Separation and Characterization of Textile Fibers and Blends. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Ssweden, pp. 1-75.
- [11] Candido, Rafael. (2021). Recycling of textiles and its economic aspects.
- [12] Güngör, F., Özomay, M., & Özomay, Z. (2022). Determination Of Optimum Dyeing Recipe With Different Amount Of Mordants In Handmade Cotton Fabrics Woven With Olive Leaves By Grey Relational Analysis Method.
- [13] Hearle, J. W., & Morton, W. E. (2008). Physical properties of textile fibres. Elsevier.
- [14] Koh, J., Kim, I. S., Kim, S. S., Shim, W. S., & Kim, J. P. (2005). Reactive dyeing properties of novel regenerated cellulosic fibres. *Dyes and pigments*, 64(1), 9-16.
- [15] Varnaitė-Žuravliova, S., & Baltušnikaitė-Guzaitienė, J. (2024). Properties, production, and recycling of regenerated cellulose fibers: special medical applications. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(11), 348.
- [16] Dayal, A. (2019). High Wet Modulus Viscose: Performance and Market Opportunity Study.
- [17] Özomay, Z., Şahin, C., & Keskin, B. (2021). Investigation of the effect of different screening methods on print quality in digital printing system. *Politeknik Dergisi*, 24(3), 1213-1217.
- [18] Samanta, A. K., & Agarwal, P. (2009). Application of natural dyes on textiles. *Indian journal of fibre & textile research*, 34(4), 384-399.
- [19] Bechtold, T., & Mussak, R. (Eds.). (2009). *Handbook of natural colorants* (Vol. 8). John Wiley & Sons.
- [20] Cardon, D. (2007). Natural dyes. Sources, tradition, technology and science, 268.
- [21] Donkin, R. A. (1977). Spanish red: an ethnogeographical study of cochineal and the *Opuntia* cactus. *Transactions of the American Philosophical Society*, 67(5), 1-84.

- [22] Shahid, M., & Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of cleaner production*, 53, 310-331.
- [23] Repon, M. R., Islam, T., Paul, T. K., Jurkonienė, S., Haji, A., Shukhratov, S., & Toki, G. F. I. (2024). Natural dyes in textile printing: parameters, methods, and performance. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(35), 47552-47583.
- [24] Miles, L.W.C. (2003), *Textile Printing*. Society of Dyers and Colourists.
- [25] Arroyo-Figueroa, G., Ruiz-Aguilar, G.M.L., Cuevas-Rodriguez, G. and Sanchez, G.G. (2011), Cotton fabric dyeing with cochineal extract: influence of mordant concentration. *Coloration Technology*, 127: 39-46.
- [26] Bamford S, Broadbent PJ, Carr CM, et al (2026). Investigation into the dyeing of pre-mordanted & cationised woven cotton fabric with cochineal. *Coloration Technology*. 1-10.
- [27] Adeel, S., Ozomay, Z., Ozomay, M., Massadikova, G., & Nasir, S. (2025). *Microbial Pigments in Fashion, Art, and Packaging*. *Microbial Colorants: Chemistry, Biosynthesis and Applications*, 385-395.
- [28] Olvera-Quintanar E, García-Lapuente J, Cruz-Moreno G. A, Tapia-Mendoza E. Optimisation of purple dyeing with Mexican cochineal in cotton with multivariate analysis and the response surface method. *Coloration Technology*. 2026; 142(1): 156-169. doi:10.1111/cote.12822
- [29] Fijan, R., Basile, M., Lapasin, M., Šostar-Turk, S. (2009). Rheological properties of printing pastes and their influence on quality-determining parameters in screen printing of cotton with reactive dyes using recycled polysaccharide thickeners, *Carbohydrate Polymers*, (78-1), 25-35. doi:10.1016/j.carbpol.2009.03.022.
- [30] Ebrahim, S.A., Hassabo, A.G., Othman, H. (2021). Natural thickener in textile printing (a mini review). *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*. 18(1), 55-64.
- [31] Salman, M., Adeel, S., Usama, M., Zaka, A., Özomay, Z., & Mia, R. (2025). Biotechnological Innovations for Sustainable and Environment-Friendly Textile Production. In *Sustainable Finishing Techniques in Textiles* (pp. 71-89). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [32] Tchinda, JBS., Pétrissans, A., Molina, S., Ndikontar, MK., Mounguengui, S., Dumarçay, S., Gérardin, P (2014). Study of the feasibility of a natural dye on cellulosic textile supports by red padouk (*Pterocarpus soyauxii*) and yellow movingui (*Distemonanthus benthamianus*) extracts. *Industrial Crops and Products*. 60, 291-297.
- [33] Adeel, S., Abrar, S., Ozomay, M., Hussaan, M., & Batool, F. (2024). Evolving role of plant pigments in the cosmetic industry. In *Renewable Dyes and Pigments* (pp. 307-319). Elsevier.
- [34] Adeel, S., Zuber, M., Kınık, M., Zor, A., Büyükkol, S., Kahraman, A. D., ... & Khattak, S. P. (2023). Green application of isolated colorant from neem bark for mordant-coated wool: Optimization of dyeing and mordanting for shade development. *Coatings*, 13(9), 1639.
- [35] Adeel, S., Hussaan, M., Rehman, F. ur, Habib, N., Salman, M., Naz, S., Amin, N., Akhtar, N. (2019). Microwave-assisted sustainable dyeing of wool fabric using cochineal-based carminic acid as natural colorant. *Journal of Natural Fibers*, 16(7), 1026–1034.
- [36] Degani, L., Gulmini, M., Piccablotto, G., Iacomussi, P., Gastaldi, D., Bello, F.D., & Chiantore, O. (2017). Stability of natural dyes under light emitting diode lamps. *Journal of Cultural Heritage*, 26, 12-21.
- [37] Berrie, B.H., Strumfels, Y (2017). Change is permanent: thoughts on the fading of cochineal-based watercolor pigments. *Herit Sci* 5, 30.
- [38] Safapour, S., Toprak Çavdur, T., Çavdur, F., Rather, L. J., Mir, S. S., & Dar, Q. F., (2025). Experimental and statistical examination of the use of acids and mordants in wool dyeing with cochineal. *Fibers and Polymers*, vol.26, no.9, 3981-3995.
- [39] Adeel, S., Akram, H., Usman, M., Bokhari, T. H., Aftab, M., & Ozomay, M. (2023). Eco-friendly microwave assisted sustainable coloration of silk and wool fabric with Acid Blue 07 dye. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 74939-74951.
- [40] Safapour, S., Almas, R., Rather, L. J., Mir, S. S., Assiri, M. A., & Rostamzadeh, P. (2026). Functional and photostable textile dyeing: a comparative study of natural (madder, cochineal) and synthetic (Alizarin Red S) dyes on wool yarns. *The Journal of The Textile Institute*, 117(6), 1228–1242.