

Arastırma Makalesi / Research Article

FARKLI İYONİK YAPILARA SAHİP AJANLARIN KULLANIMIYLA PAMUKLU VUAL KUMAŞLARIN BASKISINDA ÇİFT TARAFLI EFEKTLERİN KAZANDIRILMASI

Doğa Sude ORDU¹
Bahar TİBER^{2*}

¹Ağaoğlu Tekstil Ar-Ge Merkezi, Uşak, Türkiye,
²Uşak Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 27.09.2024

Kabul Tarihi / Accepted: 14.02.2025

ÖZ: Bu çalışmada, farklı iyonik yapılara sahip ajanlar kullanılarak tek bir proses adımında %100 pamuklu vual kumaşların her iki yüzünde simetrik ve tonal efektlerin kazandırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda boyarmadde içermeyen, farklı iyonik yapılara sahip ajanlar içeren reçeteler hazırlanmıştır. Ardından konvansiyonel yöntemlerden rotasyon baskı tekniği ile istenilen tasarıma ait şablon vasıtasıyla kumaşın belirli bölgeleri işlemlile hale getirilmiştir. Son olarak boyarmadde içeren baskı patı ile pamuklu vual kumaşın tek bir yüzüne desen içermeyen, metrekarede 165 g baskı patı aplike edebilen şablon vasıtası ile baskı işlemi uygulanmıştır. Elde edilen kumaşların fiziksel ve kimyasal performans testleri, renk ölçümü ve yıkama işlemleri ilgili standartlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde; kullanılan ajanların haslık ve performans değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu belirlenmiştir. Farklı iyonik yapıya sahip kumaşların kimyasal karakterizasyonları ve yüzey analizleri, FTIR-ATR ile incelenmiş ve söz konusu ajanların kumaş üzerinde varlığı kanıtlanmıştır. Söz konusu baskı yöntemi kullanılarak, tek bir boyarmadde ve tek bir yüzey uygulaması ile pamuklu vual kumaşlarda simetrik bir şekilde çift taraflı açıklı/koyulu tonlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vual kumaş, baskı tekniği, katyonik ajan, anyonik ajan, desen efekti, boyarmadde

IMPARTING BOTH-FACES EFFECTS TO COTTON VOILE FABRICS USING AGENTS WITH DIFFERENT IONIC STRUCTURES

ABSTRACT: In this study, it was aimed to achieve symmetrical and tonal effects on both sides of 100% cotton voile fabrics using agents with different ionic structures in a single processing step. Accordingly, recipes containing agents with different ionic structures, devoid of dye substances, were developed. Subsequently, certain areas of the fabric were processed using the conventional rotary printing technique with a template corresponding to the desired design. Finally, a printing paste containing dye was applied to one side of the cotton voile fabric using a template that does not contain any patterns, with an application rate of 165 g per square meter. The physical and chemical performance tests, color measurements, and washing processes of the obtained fabrics were conducted in accordance with relevant standards. Upon examining the test results, it was determined that the fastness and performance test values of the agents used were within acceptable limits. The chemical characterizations and surface analyses of the fabrics with different ionic structures were investigated using FTIR-ATR, and the presence of the aforementioned agents on the fabric was confirmed. By utilizing this printing method, symmetrical dual-tone light/dark effects were achieved on cotton voile fabrics with a single dye substance and a single surface application.

Keywords: Voile fabric, printing technology, anionic agent, cationic agent, design effect, dyestuff

*Sorumlu Yazarlar/Corresponding Authors: bahar.tiber@usak.edu.tr

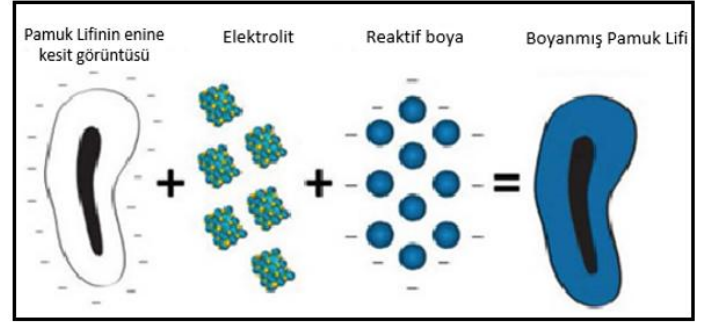
DOI: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1557059>

www.tekstilvemuhendis.org.tr

1.GİRİŞ

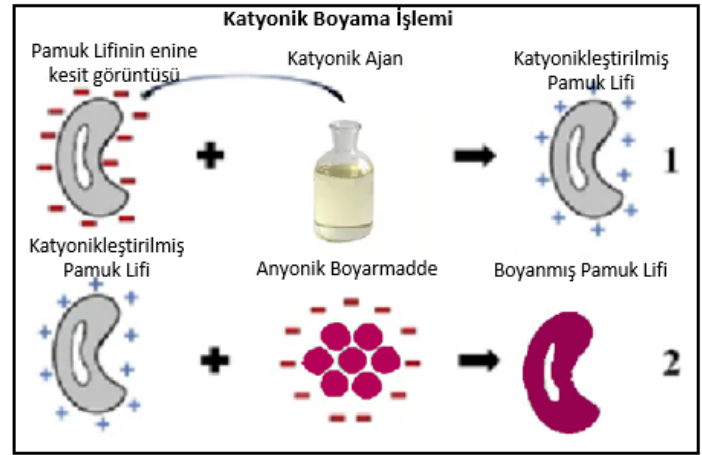
Örtünme ihtiyacı, insanlık tarihi başlangıcından itibaren temel ihtiyaçlar arasında yer almıştır. Bu ihtiyacın karşılanmasında doğada bulunan çeşitli bitkisel ve hayvansal bazlı liflerin kullanımı söz konusu olmuştur. Neolitik dönemde kumaş üretiminde ilk olarak keten lifi ardından saz, kamış, palmiye gibi materyallerin keten lifiyle karışımlarından elde edilen çeşitli kumaş kalıntılarına rastlanılmıştır. Aynı dönemlerde pamuğun tekstilde kullanımında da hızlı bir şekilde artış gözlenmiştir [1,2,3]. Pamuğun keten lifine kıyasla daha yumuşak ve ısı dayanımının daha iyi olması pamuğun yaygın kullanımında etkin bir rol oynamıştır. Günümüzde pamuk hala tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılmakta [4] ve en önemli hammaddenin niteliği taşımaktadır [5,6].

Sonraki dönemlerde insanlar örtünme ihtiyacının yanı sıra estetik açıdan da arayışlar içine girmişlerdir. Bu doğrultuda ilk bulgular M.Ö. 3.Milenyum çağında, Hindistan'da gerçekleştirilen arkeolojik kazı sonucu ortaya çıkmış ve pamuklu materyalin bitki boyası ile renklendirildiği gözlenmiştir [7, 8]. İlerleyen yıllarda da bitkisel ve hayvansal kaynakların popüler şekilde kullanımı söz konusu olmuştur. Ancak günümüzde gerek nüfus artışı ile birlikte tekstil sektöründeki talep artışı [9] gerekse doğal boyarmaddelerden daha kolay üretilip kullanılabilen sentetik boyarmaddelerin keşfi bitkisel ve hayvansal doğal boyarmadde kaynaklarının popülaritesini azaltmıştır. Söz konusu bu azalmanın sebepleri olarak bitkisel boyarmaddelerdeki talebin istenen süre zarfında karşılanamaması, standardizasyon ve harmanlanmasında yaşanan zorluklar, boyama sırasında uzun proseslere ihtiyaç duyulması, boyanın kumaşa tutunmasında yardımcı madde olarak mordan maddelerine ihtiyaç duyulması, zayıf parlaklık, düşük haslık özellikleri ve tekrarlanabilir tonlar elde edilmesinde birçok zorluk olması sayılabilir [10,11]. Dolayısıyla doğal boyarmaddelerin bu olumsuzluklarından ötürü sentetik boyarmaddelerin kullanımında artış gözlenmiştir. Günümüzde pamuklu kumaşların renklendirilmesinde sentetik karakterdeki küp, indigo, pigment, reaktif, kükürt ve direkt boyarmaddeler kullanılmaktadır [12, 13]. Bu boyarmaddelerin arasında sektörde en çok tercih edilen yüksek yıkama haslıkları, renk parlaklıkları ve kolay uygulanabilirliği ile reaktif boyarmaddelerdir [14, 15]. Selülozik liflerin ve reaktif boyarmaddelerin yapıları incelendiğinde; reaktif boyarmaddelerin çoğunluğunun anyonik yapıda olduğu, selülozik liflerin ise su ile teması sonucu hidroksil gruplarının iyonlaşmasıyla nötr/hafif anyonik yüzey yükü kazandığı bilinmektedir [16, 17]. Aynı karaktere sahip boyarmaddeler ve selülozik lifler bir araya geldiklerinde aralarındaki afinitenin yetersizliğinden kaynaklı birbirlerini itme davranışı gösterirler. Söz konusu davranışla birlikte boyarmaddelerden tam olarak verim alınmamaktadır. Dolayısıyla zaman içerisinde boyarmaddelerden daha fazla verim elde edilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların en yaygını Şekil 1'de de görüldüğü üzere boya banyosuna yüksek miktarlarda ek bir elektrolit (sodyum klorür, sodyum sülfat) ilave edilmesidir [18, 19]. Elektrolit kullanımıyla birlikte selülozik lifler katyonik hale gelmekte ve anyonik karakterdeki boyarmaddeye karşı çekme davranışı sergilemektedir.



Şekil 1. Pamuk Lifi, Elektrolit ve Boyarmaddenin İyonik Etkileşimi [18]

Fakat elektrolitler boya banyosunda yeterli derecede kumaşa bağlanamadığından kullanılan boyarmaddeler ve elektrolitler atık sulara karışarak kirlilik oluşturmaktadırlar [18,20]. Bu problem elektrolitlerin az miktarda ya da hiç kullanılmayarak, onun yerine katyonik ajan kullanımıyla pamuğun katyonikleştirilmesi ile çözülmeye çalışılmıştır [21]. Şekil 2'de pamuğun katyonik karaktere sahip olması için elektrolit yerine katyonik ajan kullanılması ve anyonik boyarmadde ile arasındaki afinite artırılarak, boyarmaddelerin veriminde ve kumaşın renk haslığında elektrolit kullanımı ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir [22]. Diğer taraftan katyonik ajan kullanımıyla elektrolitin çevreye ve makineye karşı oluşturacağı olumsuzlukların aza indirildiği ve daha çevre dostu bir uygulama olduğu ifade edilmektedir.



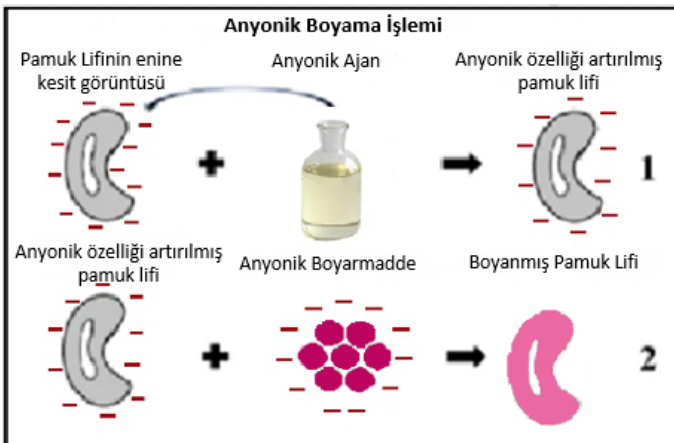
Şekil 2. Pamuk lifinin katyonik boyanması işlemi [23]

Literatürde katyonizasyon işlemi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde selülozik lif ve boyarmadde arasındaki afinitenin artırılması amacıyla yapılan ilk modifikasyon çalışmaları 1950'li yıllara dayandığı ve bu amaç doğrultusunda katyonik madde olarak Guthrie ve Reeves β-kloretilamin ya da β-aminosülfürik asit kullanımıyla pamuklu kumaşların katyonik hale getirildiği görülmüştür. Bu sayede kumaşların yaş haslık sonuçlarında artışlar gözlemlenmiştir [24].

Kalkanlı ve Ünal (2019) yapmış oldukları çalışmada farklı konstrüksiyonlara sahip havlu kumaşlara katyonize işlemi uygulamışlardır. İşlem görmüş kumaşların yumuşaklık ve

hidrofilite değerleri incelenmiş ve yumuşaklık değerlerinde iyileşme olduğu ancak hidrofilite değerlerinde önemli bir değişiklik elde edilememiştir [25]. Oktav ve Dayıoğlu'nun (2014) yapmış oldukları çalışmada pamuklu kumaşların katyonik işlem sonrası asit boyarmaddeler ile boyanabilirliğinin artırılması sağlanmış aynı zamanda boyut stabilitesi ve buruşmazlık derecesinde de artmalar gözlenmiştir. Ayrıca katyonik işlem sonrası pamuklu kumaşların yeterli ışık haslığı değerlerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır [26]. Kayahan ve ark.'nın (2016) yapmış oldukları çalışmada katyonik pamuk, yün ve rejenere soya liflerinin bitkisel atıklar ile çektirme yöntemiyle boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaban mersini posası ile renklendirme sonucu katyonik pamuk ve yünde düşük haslık değerleri elde edilirken kara havuç posası ile renklendirme sonucunda katyonik pamuk ve yünün haslık değerlerinde kabul edilebilir değerler elde edilmiştir. Soya lifinde ise renk elde edilememiştir [27]. Kanik ve Huaser'in (2002) çalışmasında pamuklu kumaş katyonik hale getirilmiş ve ardından reaktif boyarmadde ile baskı işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda pamuğun katyonikleştirilmesi ile geleneksel reaktif baskı prosesine kıyasla buharlama ve yıkama sürelerinde önemli miktarda kısaltmalar sağlanmıştır. Ayrıca yıkama ve sürtünme haslığı sonuçlarında iyileşmeler gözlemlenmiş, ışık haslığında bazı boyarmaddelerde 0,5/1 puan gibi azalmalar olur iken bazılarında artışlar gözlemlenmiştir [28]. El-Shafei ve ark. (2008) katyonik pamuğa karboksimetil kitosan ile cold pad batch yöntemiyle antibakteriyel özellik kazandırmaya çalışmışlardır. Bu işlemlerin sonucunda iyonik çapraz bağlı pamuk elde edilmiş ve pamuklu kumaşın fiziksel ve kimyasal test sonuçlarında artışlar gözlemlenmiştir [29].

Yapısal olarak anyonik karakterdeki boyarmadde ve selülozik liflerin birbirlerine karşı afiniteleri olmadığı bilinmektedir. Melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu anyonik karaktere sahip bir ajandır. Her ikisinin de anyonik karakterde olması nedeniyle pamuklu kumaşta melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonun kullanılması Şekil 3'te görüldüğü üzere boyarmadde veriminde azalmaya sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle boyarmadde renginden daha açık bir ton elde edilmektedir. Tekstil sektöründe melamin-formaldehit yapılı polimerin mikrokapsül ve bağlayıcı olarak kullanımı söz konusudur. Salaün ve ark. (2011), melamin-formaldehiti in-situ polimerizasyonu kullanarak mikrokapsüller oluşturmuş ve güç tutuşur özellikte örme kumaşlar elde etmişlerdir [30].



Şekil 3. Pamuk lifinin anyonik boyanması işlemi [23]

Bu çalışmada, farklı iyonik yapılarıdaki ajanlar sayesinde %100 pamuklu vual kumaşlara sadece rotasyon baskı tekniği ile sınırsız desen tasarımlarına olanak sağlayarak çift taraflı renklendirilmiş kumaş oluşturulması amaçlanmıştır. Sanayide çift taraflı aynı desene ve renklere sahip kumaşların elde edilmesinde dokuma, örme ve laminasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada ise bilinenlerden farklı bir yöntem olarak rotasyon baskı ile çift taraflı renklendirilmiş kumaş elde edilmiştir. Aynı zamanda bu çalışma ile çift taraflı efektin eldesi diğer işlemlere kıyasla daha kısa işlem süresinde tamamlanmaktadır. Çalışmada çift taraflı efektler elde etmek için modifiye amin bazlı polimer, kuarterner poliamonyum bileşeni ve melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu kullanılmıştır. Melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonunun tasarımsal anlamda bir çalışmada kullanımına rastlanılmamıştır. Bu da çalışmanın özgün yönünü yansıtmaktadır. Melamin-formaldehitin anyonik karakterdeki yapısından dolayı boya veriminde azalmaya sebep olması olumsuz yönü olarak düşünülse de yüksek penetrasyon ve düşük viskozite özellikleri [31] sayesinde boyarmaddenin kumaşın ön yüzüne baskı yapılmasına rağmen arka yüzüne de penetre olmasıyla çift taraflı renklendirilmiş kumaş çıktısı elde edilmiştir. Elde edilen kumaşların yırtılma mukavemeti, pilling, aşınma dayanımı, sürtme haslığı, ter haslığı, yıkama ve su haslığı testleri yapılmış ve renk değerleri ölçülmüştür.

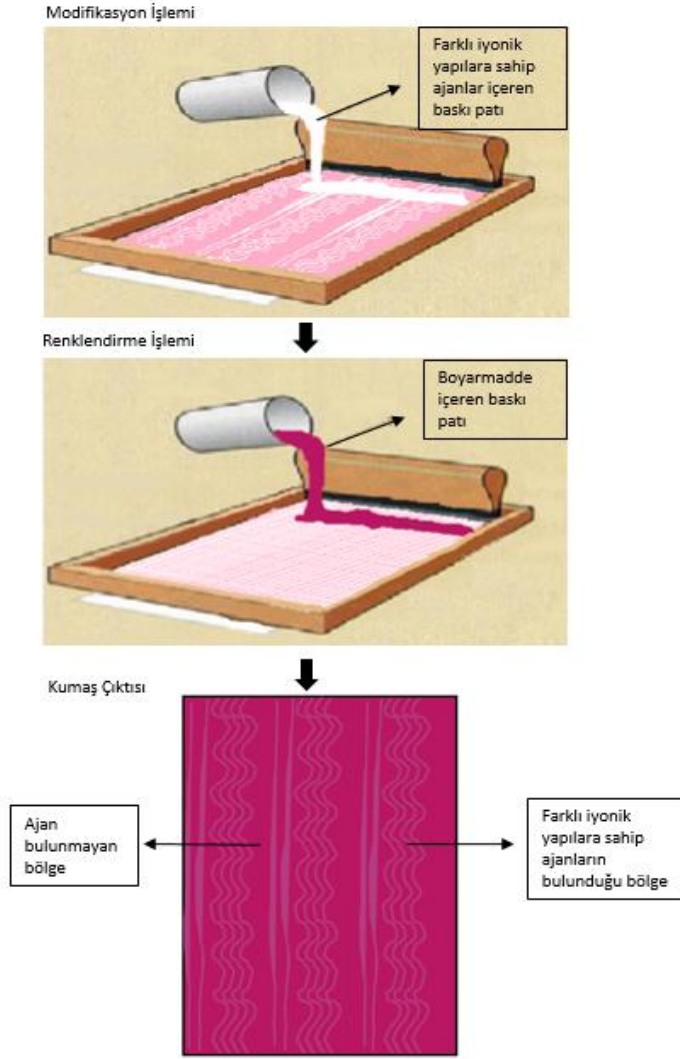
2.MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Çalışma kapsamında, Ne 80/1 ipliklerden, 26 atkı/cm ve 36 çözgü/cm sıklığına sahip, 56 g/m² ağırlığında %100 pamuklu vual kumaş kullanılmıştır. Pamuklu kumaşlar rotasyon baskı işlemine hazır hale getirilmesi için ilk olarak ön terbiye işlemine tabi tutulmuştur. Ön terbiye işlemleri 2g/lt yüzey aktif madde kombinasyonu (noniyonik) ıslatıcı (Erawet Swd, ER-SA, Türkiye) ve 2g/lt α -Amilaz haşıl sökücü enzim (Enzasil Sat, NF Kimya, Türkiye) kullanılarak Osthoff-Senge 42327 Wuppertal haşıl sökme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Ardından kumaşlara, 25 ml/kg NaOH (32 Bé) (Borkim Kimya, Türkiye), 30ml/kg H₂O₂ (Tempo Kimya, Türkiye), 4 ml/kg organik bileşenler karışımı (anyonik) stabilizatörü (Inhibit STC, Ecopol, Türkiye), 4 ml/kg yüzey aktif maddelerin sierjistik kombinasyonu (anyonik/noniyonik) ıslatıcı (Wetify SPR, Ecopol, Türkiye) ve 2 g/kg polimerik kompleks yapıcı madde ve organik asit kombinasyonu (anyonik) iyon tutucu (Ionex Ar, Ecopol, Türkiye) kullanılarak Menzel kontinü kasar makinesinde kasar işlemleri gerçekleştirilmiş ve kumaşlar baskı işlemine hazır hale getirilmiştir.

2.2 Metot

Çalışmada farklı iyonik yapılarıdaki ajanları içeren baskı patları, belirli bir desen tasarımına sahip şablon ile kumaşın belirli bölgelerine uygulanmıştır. Ajanlar ile muamele edilen kumaşlar, desen içermeyen, metrekarede 165 g baskı patı uygulaması gerçekleştiren şablonlar vasıtasıyla renklendirilmiştir. Son olarak kumaşların fiksasyonu buharlama işlemi ile tamamlanmıştır. Ardından kumaşa tutunamayan boya moleküllerinin reaktif baskılı kumaş üzerinden uzaklaştırılması için yıkama işlemi uygulanmıştır. Şekil 4'te işlemlerin akış şeması görülmektedir. Her bir işlem aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.



Şekil 4. Proses aşamaları

2.2.1 Modifikasyon İşlemi

Çalışma kapsamında, farklı iyonik yapıya sahip ajanlar (melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu, kuarterner poliamonyum komponenti ve modifiye amin bazlı polimer) desenli şablonlar vasıtasıyla ön terbiye işlemleri tamamlanmış %100 pamuklu vual kumaşa rotasyon baskı tekniği ile applike edilmiştir. Aplikasyon işlemi sırasında kullanılan baskı patı reçetesi ve farklı iyonik yapıdaki ajanların reçeteleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmektedir. Baskı patlarına farklı iyonik yapıya sahip ajanlar ilave edilerek 150 mesh kalınlığında desen tasarımlı şablon vasıtasıyla kumaş yüzeylerine aktarılmıştır. Kumaşın her iki yüzeyinde eşit boya alımı oluşabilmesi için baskı uygulaması, geçiş hızı 6 m/dk, %65 basınç altında yapılmıştır. Çalışmada kullanılan reaktif baskı patının viskozitesi 53 dPas, Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu (R1) içeren baskı patının viskozitesi 43 dPas, Kuarterner poliamonyum komponenti (R2) içeren baskı patının viskozitesi 52 dPas ve Modifiye amin bazlı polimer (R3) içeren baskı patının viskozitesi ise 56 dPas olarak ölçülmüştür. Şekil 5(a)'da modifikasyon işlemleri uygulanmış kumaşların görüntüsü verilmiştir.

Tablo 1. Baskı Patı Reçetesi

Baskı Patı Türü	Kullanılan Kimyasal Madde	Miktarı (g/kg)
Reaktif Baskı Patı	Alginat	24
	Soda	30
	Ludigol	19
	Kıvamlaştırıcı	16
	Üre	100

Tablo 2. Baskı prosesi için uygulanan reçeteler

Reçete Kodu	Kullanılan Kimyasal Ajanların Yapısı	Miktarı (g/kg)	İyonik Yapısı
R1	Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu	40	Anyonik
R2	Kuarterner poliamonyum komponenti	40	Katyonik
R3	Modifiye amin bazlı polimer	40	Katyonik

2.2.2 Renklendirme İşlemi

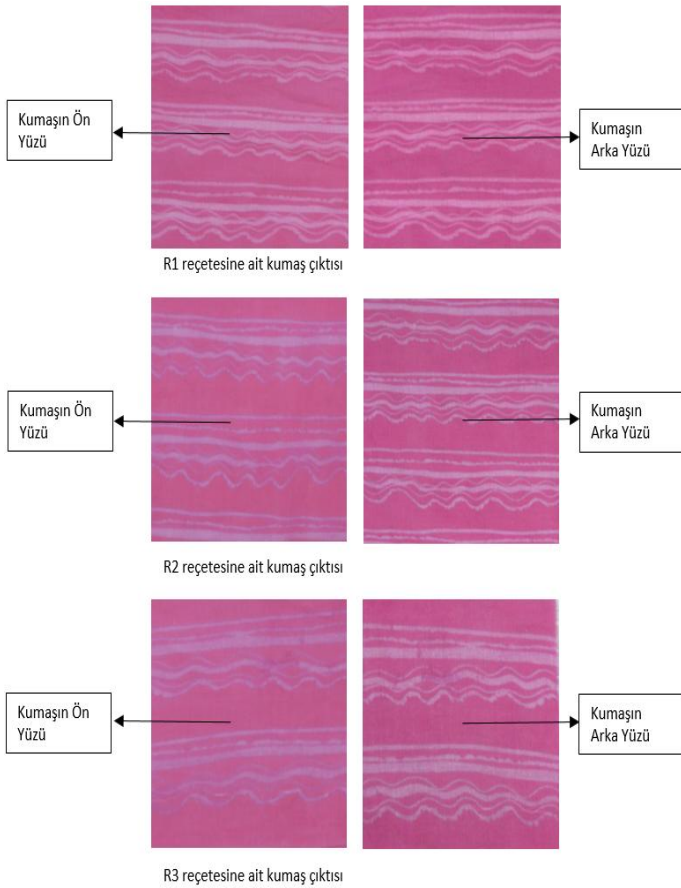
Farklı iyonik yapıya sahip ajanlar ile belirli bölgeleri işlem görmüş pamuklu vual kumaşlara 12 g/kg Red P-4B (Evercion, Türkiye) reaktif boyarmadde ve 988 g/kg reaktif baskı patı (düşük viskoziteli) ile desen içermeyen, metrekarede 165 g baskı patı applike edilen hammaddesi nikel şablon kullanılarak baskı işlemi uygulanmıştır. Uygulama, modifikasyon işlemi olduğu gibi kumaş geçiş hızı 6 m/dk, %65 basınç olacak şekilde yapılmıştır.

Baskı işleminin ardından sırasıyla, 102°C'de 12 dakika buharlama işlemine tabi tutularak fiksasyon işlemleri tamamlanmıştır. Ardından hidrolize uğrayan reaktif boyarmaddelerin kumaş üzerinden uzaklaştırılması amacıyla yıkama işlemi 5 g/l polimerik dispersant ve özel maddeler karışımı içeren Herawash HDL (NF Kimya, Türkiye) yıkama sabunu ile 95°C'de, 25 m/dk geçiş hızında ve 30 dakika boyunca yapılmıştır. Bitim işleminde, yumuşatma apresi olarak %2 organik ve sentetik vaksların sinerjistik karışımı (noniyonik) (Aksoft Nev, Akkim, Türkiye), %2 polisiloksan bileşiği mikro emülsiyon (noniyonik) (Akilon SCM, Akkim, Türkiye) ve %0,5 polietilen ve vakslar karışımı (noniyonik) (Ruco-fil EPW, Rudolf Duraner, Türkiye) kullanılarak Monforts Montex 5000 ram makinesinde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5(b)'de renklendirme işlemleri tamamlanmış kumaşlar görülmektedir. Her 3 reçeteye ait kumaşların ön ve arka yüzlerinin görünüşleri Şekil 6'da gösterilmektedir. Sektörde pigment baskı patı ile kullanımına uygun olarak tavsiye edilen melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu (R1), penetre özelliğinin yüksek olmasından dolayı kullanılmıştır. Kuarterner poliamonyum komponenti (R2) ve modifiye amin bazlı polimerin (R3) penetre özelliklerinin yüksek olması ve katyonik yapıda olmasından dolayı kumaşa uygulandığında anyonik yapıdaki reaktif boyarmaddenin kumaşa daha fazla tutunarak boya veriminde artış sağlanacağı düşünüldüğü için kullanılmıştır.



Şekil 5. Kumaşların görüntüsü (a) modifikasyon işlemi sonrası (b) renklendirme işlemi sonrası



Şekil 6. R1, R2 ve R3 reçetelerine ait kumaş çıktıları

2.2.3. Kumaşlara Uygulanan Testler

Çalışma kapsamında kumaş numunelerinin fiziksel ve kimyasal test analizleri aşağıda belirtilen cihazlar ve ilgili standartlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Yırtılma Mukavemeti Tayini: Çözgü ve atkı yönünde hazırlanan numuneler James Heal Titan 2 cihazında, TS EN ISO 13937-

2:2002 standardına uygun olarak yırtılma mukavemeti testine tabi tutulmuştur. Çekme cihazının göstergesi uzunluğu 100 mm ve uzama hızı 100 mm/dk'dır. Ölçümler 5 tekrarlı olarak yapılmıştır [32].

Pilling ve Aşınma Dayanımı Testleri: James Heal Nu-Martindale 864 cihazında, pilling testi TS EN ISO 12945-2:2021 standardına göre [33], test numunesinin kendi kumaşına sürmesiyle gerçekleştirilmiş ve 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Aşınma dayanımı testi ise TS EN ISO 12945-4:2021 standardına uygun olarak numunenin referans kumaşa 10.000 tur sürmesi ile gerçekleştirilmiştir [34].

Sürtme Haslığı Testleri: Kumaşların sürtme haslığı testleri Crockmeter cihazında, TS EN ISO 105-X12:2016 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [35]. Test, 4 adet test numunesine 9 N değerinde bir kuvvet ile crockmeter kolu saniyede bir tur atacak şekilde 10 tur atılarak yapılmıştır. Yaş sürtme haslıklarında ıslatıcı olarak %100 destile su kullanılmıştır. Son olarak kuru-yaş sürtme haslıkları, D65 gün ışığı altında, gri skala yardımı ile sürtme bezine aktarılan boyarmaddenin miktarına göre 1'den 5'e kadar değerlendirme yapılmıştır.

Ter Haslığı Testleri: Asidik ve bazik ter haslıkları Perspirometer Stove cihazında, TS EN ISO 105-E04:2013 standardına uygun olarak yapılmıştır [36]. Renk değişimi ve lekeleme gri skalaya göre değerlendirilmiştir.

Yıkama ve Su Haslığı Testleri: Perspirometer Stove cihazında, yıkama haslığı TS EN ISO 105-C06:2012, su haslığı TS EN ISO 105-E01:2013 standardına uygun olarak ölçülmüştür [37,38]. Test sonuçlarının değerlendirilmesi gri skalaya göre yapılmıştır.

Renk Ölçümü: Çalışma kapsamında farklı iyonik yapılarla sahip ajanların applike edilmesi sonrası kumaşlara ait renk şiddetlerinin ölçülmesinde GretagMacbeth X-Rite Color i7 Benchtop marka spektrofotometre kullanılmıştır. Ölçüm D 65 gün ışığı altında, 10°'lik standart gözlemci kullanılarak yapılmıştır. Testte L* (parlaklık), a*(kırmızılık-yeşillik), b* (sarıklık-mavilik), C*, h ve K/S değerleri ölçülmüştür. Testlerde referans olarak kumaşın zemin rengini oluşturan koyu renkli kısımlar kullanılmıştır. Renk

farklılığı Formül 1, renk verimliliği değerleri (K/S) Formül 2 ile hesaplanmıştır [39]. ΔE bir rengin referans renge göre renk uzayındaki uzaklığının belirlenmesi ile iki renk arasındaki algısal farklılığın sayısal olarak ifade edilmesidir. Delta L, a ve b değerlerinin numune ve standart renk arasındaki farklılıkları temsil etmektedir.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (1)$$

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (2)$$

Yıkama İşlemleri: Yıkama işlemleri Altus marka ev tipi çamaşır makinesi ile TS EN ISO 6330:2022 standardına uygun olarak optik beyazlatıcı içermeyen Ece fosfat deterjan ile gerçekleştirilmiştir [40]. Kumaşlar 20 kez yıkama işlemine tabi tutulmuştur.

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR-ATR) Analizi: Numunelerin FTIR-ATR analizi, ATR aparatlı bir Perkin Elmer Spectrum Two FT-IR spektrofotometresi ile 4000-500 cm⁻¹ dalga boyu aralığında gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

Farklı iyonik yapılarıdaki ajanlar ile işlenmiş %100 pamuklu vual kumaşların, yıkama yapılmamış ve 20 yıkama yapılmış atkı ve çözgü yönlerindeki yırtılma mukavemeti (N) test sonuçları standart sapma verileri ile birlikte Tablo 3'te sunulmuştur. Kumaşların yırtılma mukavemeti sonuçları incelendiğinde, 3 farklı reçeteye ait sonuçların birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Yıkama öncesi yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde baskı işlemi uygulanmış kumaşların (R1, R2, R3) hem atkı hem de çözgü yönlerinde, işlem görmemiş kumaştan (R0) daha yüksek mukavemette olduğu tespit edilmiştir. Basılmış kumaşların yırtılma mukavemeti değerlerinin atkı yönünde 3,18 N'dan yaklaşık 3,90 N değerlerine, çözgü yönünde ise 3,42 N'dan yaklaşık 4,00 N'un üzerine çıktığı görülmüştür. Literatürdeki çoğu modifikasyon çalışmasında da, kullanılan kumaş yapısının daha sık dokunmuş pamuklu kumaşlar olduğu ve katyonik işlem görmüş pamuklu kumaşların mukavemet değerlerinde artış olduğu bildirilmektedir [41,42].

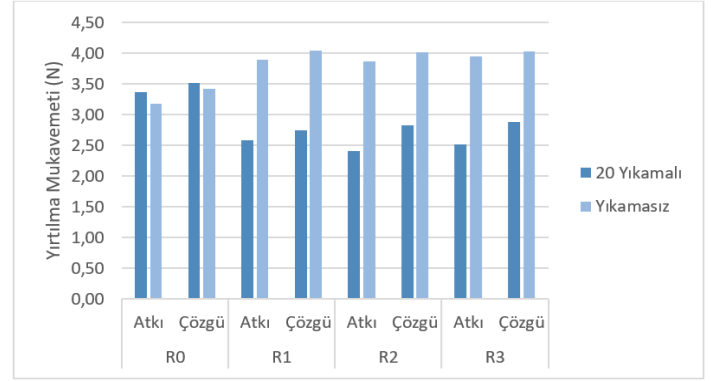
20 tekrarlı yıkama sonrasında baskılı kumaşlarda işlem görmemiş kumaşa kıyasla daha düşük mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3. Kumaşların yırtılma mukavemeti (N) test sonuçları

	R0		R1		R2		R3	
	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı
Atkı	3,18 (0,08)	3,37 (0,09)	3,89 (0,11)	2,58 (0,10)	3,87 (0,09)	2,41 (0,20)	3,95 (0,18)	2,52 (0,14)
Çözgü	3,42 (0,05)	3,52 (0,07)	4,05 (0,17)	2,74 (0,10)	4,02 (0,38)	2,83 (0,17)	4,03 (0,07)	2,88 (0,19)

*Standart sapma verileri parantez içerisinde gösterilmektedir.

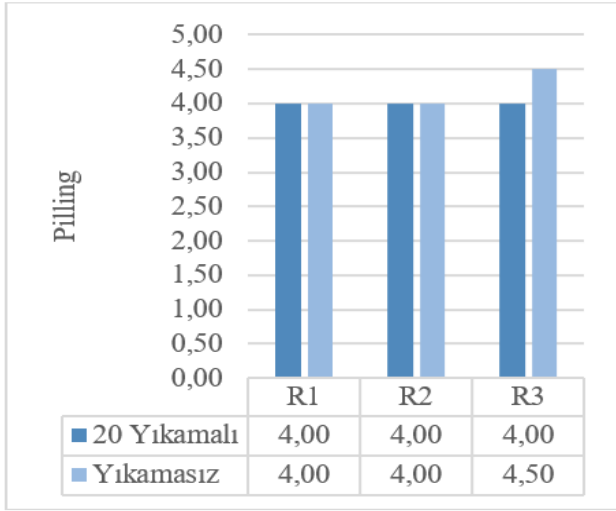
Atkı yönünde en yüksek mukavemet kaybı 0,96 N olarak R2 reçetesi ile işlem görmüş kumaşta görülürken çözgü yönünde 0,78 N olarak R1 reçetesi ile işlem görmüş kumaşta görülmüştür. Vual kumaşların seyrek bir yapıya sahip olması [43,44] sebebiyle modifikasyon ve renklendirme işlemleri sırasında kullanılan kimyasallar, kumaşın her iki yüzüne de tamamen nüfus etmekte ve lif yapısında deformasyonlar oluşturabilmektedir. Bu deformasyonların, tekrarlı yıkama işlemlerinin mekanik etkisi ile birlikte daha da arttığı düşünülmektedir [45].



Şekil 7. Kumaşların yırtılma mukavemeti (N) test sonuçları

3.2 Pilling ve Aşınma Dayanımı Test Sonuçları

Farklı ajanlar ile işlenmiş numunelerin pilling ve aşınma dayanımı test sonuçları sırasıyla Şekil 8 ve Tablo 4'te yer almaktadır. Şekil 8'de verilen pilling test sonuçları incelendiğinde, farklı reçeteler ile işlem görmüş kumaşların pilling değerlerinin yıkama öncesi R1 ve R2 kumaşlarında 4, R3 ile işlem görmüş kumaşta ise 4,5 olduğu görülmüştür. 20 tekrarlı yıkama sonrası pilling değerlerinde ise R1 ve R2'nin hala 4 değerinde olduğu, R3'ün ise 0,5 puan azaldığı görülmüştür. İbrahim ve ark.'nın (2019) yapmış oldukları çalışmada, %1 kırmızı reaktif boyarmadde kullanılarak renklendirilmiş pamuklu kumaş pilling değerinin gri skalaya göre 4 olduğu ve bu değer reaktif boyarmaddenin, pamuklu kumaşın hidroksil grupları ile kovalent bağ oluşturmasından kaynaklandığından bahsedilmiştir. Ayrıca boya konsantrasyonunun artması halinde pilling değerlerinde de artış olduğu görülmüştür [46]. Yapılan mevcut çalışmada da yakın oranda (%1,2) kırmızı reaktif boyarmadde kullanılmış ve İbrahim ve ark. çalışmasında olduğu gibi pilling test sonuçlarında aynı değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak kumaşların reaktif boyarmadde ile renklendirildiği ve kullanılan ajanların pilling özelliğine olumsuz bir etkisinin olmadığı kanısına varılmıştır.



Şekil 8. Kumaşların pilling test sonuçları

Tablo 4'e bakıldığında ise tüm kumaşların farklı tur sayılarında aşınma sonrası ağırlık kaybı değerleri görülmektedir. Vual kumaş, yapısı gereği ince ve seyrek dokulu olmasından kaynaklı 10.000 turda tüm numunelerde parçalanma meydana gelmiştir. Bu sebeple aşınma dayanımı testinde; başlangıç (0 tur), 2000 ve 5000 turdan sonraki kumaş ağırlıklarının ölçümü yapılarak sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 2000 tur sonrası, R0 ve R1 kumaşlarında ağırlık kaybı gözlenmediği, R2 kumaşının her ikisinde (yıkamasız, 20 yıkamalı) 0,01 gram, R3 reçeteli kumaşta ise sadece yıkamasız kumaşın 0,01 gram ağırlık kaybı gözlemlenmiştir. 5000 tur sonucunda 2000 tura kıyasla R0 kumaşının 20 yıkamalı hali, R1 kumaşının yıkamasız ve 20 tekrarlı yıkamalı hallerinin 0,01 gram ağırlık kaybına sahip olduğu görülmekte R2 ve R3 kumaşlarının iki hallerinde de herhangi bir ağırlık kaybı gözlenmemiştir. Diğer taraftan R1 kumaşının 2000 tur sonrası aşınmadığı, 5000 tur sonrasında 0,01 g ağırlık kaybettiği, R2 kumaşının ilk 2000 tur sonrasında 0,01 g aşındığı ancak 5000 turda aşınmanın ilerlemediği görülmektedir. Yıkama işlemi yapılmamış R3 kumaşında da ilk 2000 tur sonrası 0,01 g

aşınma görülürken, sonrasında 5000 turda aşınma görülmemiştir. 20 yıkama yapılmış R3 kumaşında ise 2000 ve 5000 tur sonrasında aşınma görülmediği saptanmıştır. Dolayısıyla bütün reçetelerde devir sayısı arttıkça kullanılan katyonik ajanların vual kumaşlar üzerindeki etkisinin birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu bu yakın değerlerden dolayı katyonik ajanların vual kumaşlar üzerinde olumsuz bir aşınma etkisi göstermediği söylenebilir.

3.3 Haslık Test Sonuçları

Farklı reçeteler ile işleme tabi tutulmuş tüm kumaşların yıkama öncesi ve yıkama sonrası kuru ve yaş sürtme, asidik ve bazik ter, yıkama ve su haslıkları test sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir.

Kuru sürtme haslığı sonuçları incelendiğinde yıkama öncesi ve sonrası tüm reçetelere ait kumaş çıktılarının kuru sürtme haslıklarının 4-5 değerinde olduğu saptanmıştır. Literatürde Kanik ve Hauser'in (2002) benzer bir çalışmada katyonik işlem görmüş ve reaktif boyarmadde ile basılmış kumaşlarda kuru sürtme haslıklarında 4-5 değeri elde edilmiştir [28]. Yıkama öncesi yaş sürtme haslığı sonuçları incelendiğinde, melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyon (R1) reçeteli kumaşın 4, kuartern poliamonyum komponenti (R2) reçeteli kumaşın 3-4, modifiye amin bazlı polimer (R3) reçeteli kumaşın ise 3 haslığa sahip olduğu saptanmıştır. Kanik ve Hauser'in (2002) benzer çalışmada ise, yaş sürtme haslık değerleri 2-3 olarak elde edilmiştir [28]. Tüm reçeteler için 20 tekrarlı yıkama sonrası haslık değerlerinin 4 olduğu Tablo 5'te görülmektedir. Melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonun (R1) yıkama öncesi ve yıkama sonrası yaş haslık değerlerinin 4 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla gri skalaya göre en iyi yaş ve kuru sürtme haslık değerine sahip olan R1 reçetesidir. Bu reçete ile oluşturulan kumaşlarda melamin formaldehit yapılı polimer dispersiyonunun anyonik yapısından dolayı, boyarmadde lifler arasına daha iyi penetrasyona sahip olduğundan yaş ve kuru sürtme haslıklarının iyi değerlerde olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Kumaşların 0, 2000 ve 5000 tur aşınma sonrası ağırlık (g) kayıpları

Tur Sayısı	R0		R1		R2		R3	
	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı
0 Tur	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
2000 Tur	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
5000 Tur	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Tablo 5. Kumaşların haslık test sonuçları

Haslık Çeşidi	R1		R2		R3	
	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı	Yıkamasız	20 Yıkamalı
Kuru Sürtme Haslığı	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Yaş Sürtme Haslığı	4	4	3-4	4	3	4
Asidik Ter Haslığı	3	4	3	4-5	3	4
Bazik Ter Haslığı	3	4	3	4	3-4	4
Yıkama Haslığı	2	4	2	4-5	3-4	4-5
Su Haslığı	3	4	3-4	4-5	3-4	4

Ter haslığı test sonuçları incelendiğinde, yıkama öncesi tüm kumaşların asidik ter haslıklarının 3 değerine sahip olduğu ve 20 yıkama sonrasında R1 ve R3 reçetelerinde 1 puan artış olurken R2 reçeteli kumaşta 1-2 puan artış olduğu görülmüştür. Bazik ter haslık sonuçlarına bakıldığında, R1 ve R2 kumaşlarının yıkama işlemi öncesi 3 ve 20 tekrarlı yıkama sonrasında değerlerinin 4 olduğu saptanmıştır. R3 ile işlem uygulanmış kumaşın yıkamasız ter haslığı sonucu 3-4 iken, 20 yıkama sonrasında ise 4 olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada kırmızı reaktif boyarmadde ile boyanmış farklı dokuma örgüsüne sahip pamuklu kumaşların asidik ve bazik ter haslıkları incelenmiş ve dokuma örgülerinin haslık değerlerinde etkin bir rol oynadığı görülmüştür [47].

Tüm yıkama haslığı sonuçlarına bakıldığında yıkanmamış melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonun (R1) reçeteli kumaşın ve kuarternier poliamonyum komponent (R2) içeren kumaşın 2 haslık değerine, modifiye amin bazlı polimerli (R3) kumaşın ise diğer reçeteli kumaşlara kıyasla daha yüksek ve 3-4 haslık değerine sahip olduğu görülmüştür. İbrahim ve ark. (2018)'nin çalışmasında, %1 ve %2 kırmızı reaktif boyarmadde ile basılmış kumaşların yıkama haslık sonuçları 3-4 olarak bulunmuştur [46]. İşlem görmüş kumaşların tekrarlı yıkamalar öncesinde zayıf yıkama haslığına sahip olmasının kullanılan boyarmaddenin reaktif karakteri ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü boyarmaddenin reaktif grubu, pamuk lifinin OH grubu ile kovalent bağ yapmakta bunun sonucunda da boyarmaddenin %40'ının hidroliz olduğu bilinmektedir [48]. Çalışmada kullanılan farklı iyonik yapılarla sahip ajanların yıkama haslığına bir etkisinin olmadığı görülmüştür. 20 yıkama işlemine tabi tutulmuş reçeteli kumaşlar incelendiğinde ise melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonun (R1) kullanıldığı kumaş çıktısı 4, kuarternier poliamonyum komponenti (R2) ve modifiye amin bazlı polimer (R3) kullanılan kumaş çıktılarının 4-5 yıkama haslık değerine sahip olduğu görülmüştür. Yıkama sonrası oluşan bu artışın hidroliz olan boyarmaddelerin tekrarlı yıkamalar sonucunda kumaş yüzeyini terk etmesinden dolayı olduğu düşünülmektedir.

Su haslığı sonuçları incelendiğinde, yıkama haslığı sonuçlarına benzer sonuçlar (yıkama işlemi öncesi R1 reçeteli kumaşın 3, R2 ve R3 reçeli kumaşların ise 3-4, 20 tekrarlı yıkama sonrası R1 reçeteli kumaş ve R2 reçeteli kumaş için 4-5'e, R3 reçeli kumaş için ise 4) elde edildiği görülmüştür. Yıkama öncesi ve sonrası su haslığındaki değişimin de yıkama öncesinde reaktif boyarmaddelerin kumaşlara uygulamasında reaktif grubun selüloz makro molekülleri dışında suyun hidroksil grupları ile bağlanamayan boyarmaddelerin kumaş yüzeyinde varlığını sürdürmesi [49] ve hidroliz olan boyarmaddelerin yıkama işlemi ile kumaş yüzeyini terk etmesi durumundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4 Renk Ölçüm Sonuçları

Renk ölçüm testlerinde, referans renk olarak kumaşın zemin rengini oluşturan ajan uygulanmamış koyu renkli kısımlar kullanılmıştır. Sadece deseni oluşturan alanlara farklı yapıdaki ajanlar applike edildiği için bu bölgeler de zemin renginden daha açık tonludur. Zemin rengi ile ajan uygulanmış desenli kısım arasındaki renk farklılığı kumaşın hem önü hem de arkası için

ölçülmüştür. CIELAB sisteminde, 3-boyutlu renk koordinatları referans renge göre yapılarak kumaşların kolorimetrik koordinatları ($L^* a^* b^* C^* h$) ve K/S değerleri hakkında bilgiler Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6'da yer alan referans kumaş ile farklı ajanlar ile uygulama yapılmış kumaşların ΔL değerleri incelendiğinde, en düşük ΔL değerinin 8,86 ile R2 reçetesinin ön yüzünde ortaya çıktığı görülmektedir. Yani bu, referans rengi olan kumaşın zemin rengi ile desenli bölgeler arasındaki renk farklılığının en az R2 kumaşında meydana geldiği anlamına gelmektedir. Bu açıdan incelendiğinde zemin rengi ile desenli kısımın rengi arasındaki farklılığın ön yüzde en fazla 11,91 ΔL değeri ile R1 kumaşında olduğu söylenebilir. Yani R1 (Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu) ile zemin renginden daha açık desen rengi, R2 (Kuarternier poliamonyum komponenti) ile zemin rengine daha yakın renkte desen elde edildiği görülmektedir. Ancak R2'nin arka yüzüne bakıldığında ise tam tersi durum söz konusudur. En yüksek ΔL değeri, 14,59 ile R2 reçetesinin arka yüzünde görülmektedir. Kumaşların ön ve arka yüzlerinin renginin (11,91 ve 12,90) birbirlerine en yakın olduğu ΔL değerlerinin R1 reçetesinde elde edildiği görülmektedir. Buradan melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu ajanı ile ön ve arka yüzde en az renk farklılığı oluşturduğu söylenebilir.

C^* (Kroma-doygunluk) değeri 53,00 olan referans kumaşa göre kumaşların ΔC değerleri incelendiğinde, tüm reçetelerin ön ve arka yüzlerinde negatif değerde olduğu görülmektedir. Bu da numunelerin referans kumaşa göre daha düşük kromaya (doygunluğa) sahip olduğu anlamına gelmektedir. Reçeteler arasında ön ve arka yüz değerleri birbirine en yakın değerde olan R1 (Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu) reçetesinin en düşük kromaya sahip olduğu, diğer iki reçetenin ise ön ve arka yüzleri arasında kroma farklılığının fazla olduğu ve ön yüzlerinin arka yüzlerine kıyasla daha fazla kromaya sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 6'da tüm a^* (kırmızı-yeşil eksenindeki konumu) değerlerinin pozitif değerlerde olduğu görülmektedir. Değerlerin pozitif olması rengin renk uzayında kırmızı ekseninde yer aldığını göstermektedir. b^* (sarı-mavi eksenindeki konumu) değerleri incelendiğinde, tüm kumaşların renginin negatif değerler aldığı ve mavimsi tonda olduğu görülmektedir. Ancak a^* değerlerinin, b^* değerlerinden yüksek değerlere sahip olması tüm kumaş renklerinde kırmızı rengin mavi rengine kıyasla daha baskın olduğunu göstermektedir. Hem Δa^* ve hem de Δb^* değerlerinde görüldüğü üzere referans rengin tonlarına en yakın renk R1 (Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu) reçetesi ile işlem görmüş kumaşta elde edilmiştir.

Kumaşın referans rengi olan zemin rengi ile farklı reçetelerle işlem görmüş desenli bölgelerin, ön ve arka yüzlerindeki renk tonu açılarının (h değerleri) $345,94^\circ$ ile $354,93^\circ$ arasında olduğu bulunmuştur. Bu renk tonu açıları tüm kumaş renklerinin mavi renkten ziyade kırmızı renge daha yakın olduğunu kanıtlar niteliktedir. Burada da R1 (Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu) kumaşının, referans renge en yakın renk tonu açısında olduğu saptanmıştır.

ΔE^* (renk farkı) değerleri incelendiğinde, referans kumaş ile renk farkının en fazla 11,44 değeri ile R2 reçetesinin arka yüzünde, en az değer ise 7,47 ile R1 reçetesinin ön yüzünde olduğu görülmektedir. Kumaşların ön ve arka yüzlerinin birbiri ile renk farkları (ΔE^*) incelendiğinde, R1 reçetesinin ön yüz renginin referans renk ile arasındaki farkın 7,47 olduğu ve bu iki ΔE^* değerinin arasında 1,00'den küçük fark olduğu görülmüştür. ΔE^* değerinin $\leq 1,00$ olması halinde bu farklılığın insan gözüyle algılanmadığı bilinmektedir [50]. Dolayısıyla R1 reçetesine ait ön ve arkanın renk farklılığının 1,00'den küçük olması insan gözüyle algılanmadığı anlamına gelmektedir.

K/S değerleri (renk verimliliği) hususunda reçeteler arası karşılaştırma yapıldığında katyonik özelliğe sahip R2 (Kuarterner poliamonyum komponenti) ve R3 (Modifiye amin bazlı polimer) reçetelerinin anyonik özellikteki R1 (Melamin- formaldehit yapılı polimer dispersiyonu) reçetesine kıyasla ön ve arka yüz renkleri arasındaki renk verimliliği farkının daha fazla olduğu görülmektedir.

3.5 FTIR-ATR Analiz Sonuçları

İşlem görmemiş pamuklu kumaşın ve farklı iyonik yapılar ile işlem görmüş kumaşların 4000-500 cm^{-1} aralığında FTIR-ATR analiz sonuçları Şekil 9'da yer almaktadır. FTIR spektrumları incelendiğinde, işlem görmemiş pamuklu kumaşa (R0) ait karakteristik absorpsiyon bantları tespit edilmiştir. 3330 cm^{-1} 'deki şiddetli pik, O-H gerilme titreşimlerini göstermekte, 2870 cm^{-1} 'deki pik, C-H gerilme titreşimlerini, 1057 cm^{-1} 'de -C-O-C piranoz halkası iskelet titreşimi, 820 cm^{-1} 'de β -glikozidik

bağlarında varlığı kanıtlar niteliktedir. R1, R2 ve R3 reçeteli kumaşlarda 1032 cm^{-1} 'deki C-O bağlarına ait titreşimler görülmüştür [51, 52].

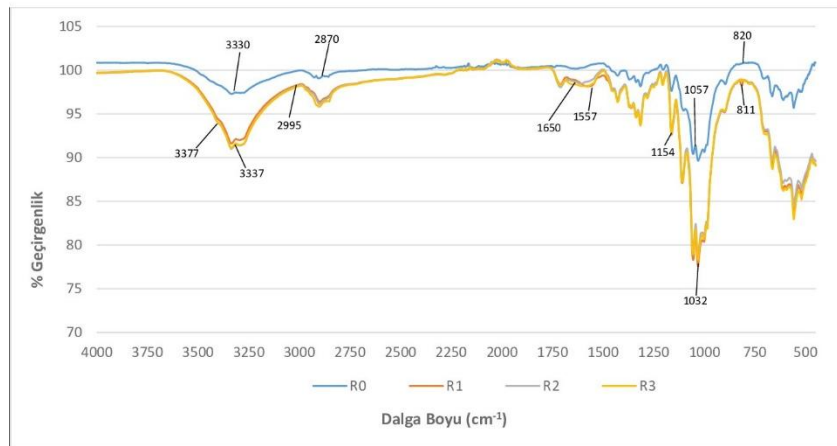
R1 reçetesinde kullanılan melamin-formaldehit yapılı polimerine ait karakteristik piklerin amin grubuna ait N-H titreşimleri ve O-H gerilme titreşimi 3337 cm^{-1} 'de, C=N gerilme titreşimi 1557 cm^{-1} 'de, triazin halkasına ait iskelet titreşimi 811 cm^{-1} , alkil gruplarına ait -CH gerilme titreşimlerini 2995 cm^{-1} 'de görülmektedir [53,54].

R2 reçetesinde bulunan kuarterner amonyum bileşiğinin 3000 cm^{-1} ve 3400 cm^{-1} aralığındaki piklerin O-H ve N-H titreşimleri, yapısındaki reaktif ve polar karakteri temsil etmektedir. 1650 cm^{-1} 'de karbonil grubuna ait C=O gerilme titreşimleri, kuarterner poliamonyum bileşiğinin yapısında ester veya karboksilik asit grubunu temsil etmektedir [27].

Modifiye amin bazlı polimere ait C-N gerilme titreşimleri 1154 cm^{-1} 'de görülmektedir [55]. R3 reçetesine ait spektrumda yer alan 3377 cm^{-1} geniş şiddetli piki, hem O-H hem de N-H gerilme titreşimlerini ifade etmektedir. Bu pikin yüksekliği ve genişliği, polimerin içinde var olan hidroksil (O-H) ve amin (N-H) gruplarının, muhtemelen önemli miktarda su veya amine bağlı hidrojen bağları ile etkileşime girerek reolojik özelliklerini göstermektedir. Ayrıca ilgili band, modifikasyon işleminin başarısını gösterirken, azot içeriğinin artmasının yanı sıra polimere yeni fonksiyonel gruplar kazandırıldığı da göstermektedir.

Tablo 6. Kumaşların referans renge göre $L^* a^* b^* C^* h$ ve K/S değerleri

Reçete Kodu	L^*	ΔL^*	a^*	Δa^*	b^*	Δb^*	C^*	ΔC^*	h°	Δh^*	ΔE^*	K/S
Referans Renk	53,07	-	52,79	-	-4,69	-	53,00	-	354,93	-	-	1,12
R1 Ön Yüz	-	11,91	-	-12,57	-	-3,20	-	-12,01	-	-4,90	7,47	0,44
R1 Arka Yüz	-	12,90	-	-13,80	-	-2,96	-	-13,27	-	-4,82	8,07	0,41
R2 Ön Yüz	-	8,86	-	-15,71	-	-5,84	-	-14,45	-	-8,49	8,15	0,49
R2 Arka Yüz	-	14,59	-	-23,03	-	-4,18	-	-21,95	-	-8,14	11,44	0,38
R3 Ön Yüz	-	9,65	-	-13,82	-	-6,63	-	-12,41	-	-8,99	8,00	0,53
R3 Arka Yüz	-	14,06	-	-21,97	-	-3,62	-	-21,08	-	-7,17	10,87	0,37



Şekil 9. Kumaşların FTIR-ATR analiz sonuçları

4. SONUÇ

Çalışma kapsamında, %100 pamuklu vual kumaşların ön yüzüne tek bir boyarmadde ile baskı işlemi uygulamasıyla kumaşların çift yüzünde aynı tonal efektlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Farklı iyonik karaktere sahip ajanların kullanıldığı modifikasyon işlemi rotasyon baskı tekniği ile kumaşlara uygulanmıştır. Modifikasyon işlemi için melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu (R1), kuarterner poliamonyum komponenti (R2) ve modifiye amin bazlı polimer (R3) olmak üzere 3 farklı ajan kullanılmıştır. Modifikasyon işlemi sonucunda kumaş yüzeyinde ajanlara maruz kalan bölgelerin boya alım miktarı değiştirilmiştir. Ardından kumaşlar 12 g/kg Red P-4B (Evercion, Türkiye) reaktif boyarmadde ile baskı işlemi ile renklendirilmiştir. Modifikasyon ve renklendirme işlemleri tek bir yüze yapılmıştır.

Anyonik yapıdaki melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonunun (R1) yüksek penetrasyon ve düşük viskozite özellikleri sayesinde boyarmaddenin kumaşın her iki yüzüne eşit miktarda dağılım sağladığı gözlemlenmiştir. Yapılan renk ölçümleri sonucunda da melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonu (R1) ajanı ile işlem görmüş kumaşta ön ve arka yüz arasında önemli bir renk farkının ($\Delta E^* \leq 1,00$) olmadığı görülmüştür. Kumaşların ön ve arka yüzleri arasındaki renk farklılığı incelendiğinde, R1 reçeteli kumaşta en az farklılık ($\Delta E^* \leq 1,00$) elde edilmesiyle tek bir baskı işlemi ile çift yüzlü boyanmış kumaş elde edildiği söylenebilir. Katyonik yapıdaki kuarterner poliamonyum komponenti (R2) ve modifiye amin bazlı polimerinin (R3) kumaşa aplikasyonu ile baskı işlemi süreci arasında (yaştan-yaşa uygulama) katyonik ajanların kompleks oluşumu ve reaksiyon hızı gibi durumlardan etkilenmesi sonucunda penetrasyon tam olarak yapılamamış bunun sonucunda da kumaşların her iki yüzeyinde istenen tonal efektler elde edilememiştir. Kumaşların zemin rengi ile desenli bölgeler arasındaki renk tonu farklılıkları incelendiğinde melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonunun (R1) anyonik yapısından dolayı boya veriminin düşük olması sebebiyle ajanın uygulandığı desenli bölgelerde daha açık tonlar (L^* değerleri) elde edilmiştir.

Sonuç olarak R1 reçetesinin uygulanmasıyla, tek bir boyarmadde kullanımı ve tek bir yüze baskı işlemi ile açık ve koyu olmak üzere iki tonun aynı süre zarfında kumaşın her iki yüzeyinde simetrik bir şekilde elde edildiği görülmüştür. Çift taraflı pamuklu vual kumaşın işlenmesinde başarılı sonuç elde edilen melamin-formaldehit yapılı polimer dispersiyonunun (R1) kumaşın haslık ve performans değerleri incelendiğinde, tüm haslık değerlerinin kabul edilebilir değerlerde, yırtılma mukavemet sonuçlarının ise diğer reçetelerle benzer sonuçlarda olduğu görülmüştür. Pilling değerlerinin diğer reçeteli kumaşların sonuçlarına yakın ve başarılı olarak kabul edilen değerlerde olduğu görülmüştür. Aşınma dayanımı sonuçlarında ise işlemsiz ve diğer işlemler kumaşlarda benzer ağırlık kaybı sonuçları ortaya çıktığı ve önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Yıkama ve su haslık değerlerinin ise reaktif boyarmaddelerin kullanımından dolayı yıkama işlemleri yapılmamış kumaşların 20 yıkama yapılmış kumaşlara kıyasla daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen kumaş çıktılarının üst giyimde gömleklik kumaş olarak kullanımına olanak sağlayacağı aynı

zamanda boyalı ipliklerin dokunması ile elde edilen çift taraflı kumaş çıktısına alternatif olacağı öngörülmektedir. Gelecek çalışmalarda çift taraflı kumaşlar ile ilgili farklı kumaş tiplerinde çift taraflı tonal efektlerin kazandırılması çalışmaları devam etmektedir. Bu sayede sadece üst giyimde değil tekstilin birçok alanında da kullanımı söz konusu olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kovačević S, Schwarz I. (2015), *Weaving of complex patterns - From looms to looms*. In: C. Volosencu, editor. Cutting-edge Research in Technologies. England: In technology; 93-111.
2. Barber, E.J.W., (1990), *Prehistoric Textiles: The Development of Fabric in the Neolithic and Bronze Ages with special reference to the Aegean*, Princeton University Press, Princeton.
3. Jenkins D.T., (2003), *The Cambridge History of Western Textiles*, Cambridge University Press, Cambridge.
4. Wang, Y., (2006), *Recycling in Textiles*, Ed. Wang Y., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
5. Pamuk Bülteni - Aralık-2019, *Dünyada Pamuk*, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü. Tarım Havzaları Daire Başkanlığı, İnternet adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/M%C4%B0LL%C4%B0%20TARIM/PAMUK%20ARALIK%20B%C3%9CLTEN%C4%B0.pdf>, Erişim Tarihi:25.09.2024.
6. Awais, H., Nawab, Y., Amjad, A., Anjang, A., Akil, H. M., & Abidin, M. S. Z, (2021), *Environmental benign natural fibre reinforced thermoplastic composites: A review*, Composites Part C: Open Access, 4, 100082.
7. Bhardwaj, H.C. & Jain, K.K. (1982), *Indian Dyes and Industry During 18th-19th Century*, Indian Journal of History of Science, 17, 1, 70-81.
8. Liu, J., Li, W., Kang, X., Zhao, F., He, M., She, Y., & Zhou, Y. (2021), *Profiling by HPLC-DAD-MSD Reveals a 2500-Year History of The Use of Natural Dyes in Northwest China*, Dyes and Pigments, 187, 109-143.
9. Türemen, M., Demir, A., & Özdoğan, E. (2019), *Tekstil Endüstrisi için Geri Dönüşüm ve Önemi*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25, 7, 805-809.
10. Affat, S. S. (2021), *Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A Review*, University of Thi-Qar Journal of Science, 8, 1, 130-135.
11. Samanta, P., Singhee, D., Samanta, A.K., (2018), *Fundamentals of Natural Dyeing of Textiles: Pros and Cons*, Curr Trends Fasion Technol Textile Eng, 2, 4, 69-76.
12. Üstüner, S.G., (2017), *Tekstil Tasarım Tarihine Genel Bir Bakış*, Sanat-Tasarım Dergisi, 8, 49-56.
13. Sreeyazhini, T., Priyadharisini, S., Pachiyappan, K. M., Divya, R., Kanimozhi, T., (2024), *Types of Dyeing Used in Textile Industry*, International Journal of Research Publication and Reviews, 5, 10, 1674-1676.
14. Houshyar, S. and Amirshahi, S.H., (2002), *Treatment of Cotton with Chitosan and Its Effect on Dyeability with Reactive Dyes*, Iranian Polymer Journal, 11, 5, 295-301.
15. Çalışkan, N., (2021), *Reaktif Boyama Sonrası Yıkamalarda, Reaktif Boyama Atıksularının Tekrar Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi*,

- Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
16. Kannan, M.S.S., Gobalakrishnan, M., Kumaravel, S., Nithyanadan, R., Rajashankar, K. J., & Vadicherala, T. (2006), *Influence of Cationization of Cotton on Reactive Dyeing*, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 5, 2, 1-16.
17. Hubbe, M. A., Sjöstrand, B., Lestelius, M., Håkansson, H., Swerin, A., & Henriksson, G., (2024), *Swelling of Cellulosic Fibers in Aqueous Systems: A Review of Chemical and Mechanistic Factors*, BioResources, 19, 3, 6859-6945.
18. Periyasamy, A.P., Dhurai, B., & Thangamani, K., (2011), *Salt-Free Dyeing – A New Method for Dyeing with Reactive Dyes on Lyocell/Cotton Blended Fabrics*, Autex Research Journal, 11, 1, 14–17.
19. Aysha, T. S., Ahmed, N. S., El-Sedik, M. S., Youssef, Y. A., & El-Shishtawy, R. M., (2022), *Eco-Friendly Salt/Alkali-Free Exhaustion Dyeing of Cotton Fabric with Reactive Dyes*, Scientific Reports, 12, 22339.
20. Ma, W., & Jz, Y., (2002), *Development of Functional Polymers in Modification of Cotton for Improving Dyeability of Reactive Dyes*, The Proceedings of the 3rd International Conference on Functional Molecules.
21. Chattopadhyay, D. P. (2001), *Cationization of Cotton for Low-Salt or Salt-Free Dyeing*, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 26, 108-115.
22. Wang L., Ma W., Zhang S., Teng X., Yang J., (2009), *Preparation of Cationic Cotton with Two-Bath Pad-Bake Process and Its Application in Salt-Free Dyeing*, Carbohydrate Polymers. 78, 3, 602–608.
23. Ghosh, J., & Rupanty, N.S., (2003), *Study on a Cationic Agent-Based Salt-Free Reactive Dyeing Process for Cotton Knit Fabric and Comparison with a Traditional Dyeing Process*, Heliyon, 9, 9, e19457.
24. Burkinshaw, S.M., Lei, X.P., Lewis, D.M., (1989), *Modification of Cotton to Improve Its Dyeability Part 1 – Pretreating Cotton with Reactive Polyamide – Epichlorohydrin Resin*, Journal of the Society of Dyers and Colorists, 105, 11, 391-398.
25. Kalkanlı, E., & Ünal, B.Z., (2019), *Katyonizasyon İşleminin Havlu Kumaş Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliğinin ve Ürün Özelliklerine Etkisinin Araştırılması*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34, 4, 39-48.
26. Oktav, M., & Dayioğlu, H., (2014), *Pamuk Liflerinin İyonik Modifikasyon Yardımıyla Boyanabilirlik Özelliklerinin İncelenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13, 3, 277-296.
27. Kayahan, E., Karaboycu, M., & Dayık, M. (2016), *Bitkisel Atıklar Kullanılarak Yün, Pamuk ve Rejenere Soya Lifleri için Ekolojik Boyama*, Tekstil ve Mühendis, 23, 102, 111-125.
28. Kanik, M., & Hauser, P. J. (2002), *Printing of Cationised Cotton with Reactive Dyes*, Coloration Technology, 118, 6, 300-306.
29. El-Shafei, A. M., Fouda, M. M., Knittel, D., & Schollmeyer, E. (2008), *Antibacterial Activity of Cationically Modified Cotton Fabric with Carboxymethyl Chitosan*, Journal of Applied Polymer Science, 110, 3, 1289-1296.
30. Salaün, F., Lewandowski, M., Vroman, I., Bedek, G., & Bourbigot, S. (2011), *Development and Characterisation of Flame-Retardant Fibres from Isotactic Polypropylene Melt-Compounded with Melamine-Formaldehyde Microcapsules*, Polymer Degradation and Stability, 96, 1, 131-143.
31. Mequanint, K., & Sanderson, R. (2003), *Nano-Structure Phosphorus-Containing Polyurethane Dispersions: Synthesis and Crosslinking with Melamine Formaldehyde Resin*, Polymer, 44, 9, 2631-2639.
32. TS EN ISO 13937-2:13.03.2002, *Kumaşların yırtılma özellikleri- Bölüm 2: Pantolon biçimindeki deney numunelerinin yırtılma kuvvetinin tayini (tek yırtılma metodu)*.
33. TS EN ISO 12945-2: 15.02.2021, *Kumaşlarda zemin, tüy ve maatbaacılık- Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale Metodu*.
34. TS EN ISO 12945-4: 15.02.2021, *Kumaşlarda yüzey boncuklanması, tüylenmesi ve matlaşması yatkınlığının tayini- Bölüm 4: Boncuklanma, tüylenme ve matlaşmanın görsel analizle değerlendirilmesi*.
35. TS EN ISO 105-X12: 09.12.2016, *Renk haslığı deneyleri- Bölüm X12: Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini*.
36. TS EN ISO 105-E04: 12.06.2013, *Renk haslığı deneyleri- Bölüm E04: Tere karşı renk haslığı*.
37. TS EN ISO 105-C06: 12.04.2012, *Renk haslığı deneyleri- Bölüm C06: Evsel ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı*.
38. TS EN ISO 105-E01: 12.06.2013, *Renk haslığı deneyleri, Bölüm E01: Suya karşı renk haslığı*.
39. Öner, E., (2007), *Optik Ağartma İşlemi Görmüş veya Floresans Boyarmaddeler ile Boyanmış Tekstil Materyallerinde Renk Ölçümü*, XI. Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 1-12, 2007, Bursa, Türkiye.
40. TS EN ISO 6330: 02.03.2022, *Tekstil deneyleri için ev tipi yıkama ve kurutma işlemleri*.
41. Uğur, Ş. S., Sarıışık, M., & Aktaş, A.H., (2011), *Katyonizasyon İşleminin Pamuklu Kumaşların Bazı Özelliklerine Etkisi*, Tekstil ve Mühendis, 18, 81, 7-11.
42. Hashem, M., Refaie, R., & Hebeish, A. (2005), *Crosslinking of Partially Carboxymethylated Cotton Fabric via Cationization*, Journal of Cleaner Production, 13, 9, 947-954.
43. Topoyan, Z. (2022), *Sürdürülebilir Tekstiller Bağlamında Doğal Boyalar ve Deneysel Eko Tasarım Çalışmaları*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
44. Bilir, M. Z. (2018), *Ekolojik Boyama Esaslı Çok Renkli Yüzey Tasarımı*, Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi, 20, 63-73.
45. Shurkian, O., Amirbayat, J. and Gong, R. H. (2002), *Effect of Repeated Laundering and Crease-Resistant Treatment on Fabric Properties*, Journal of The Textile Machinery Society of Japan, 48, 1, 1-4.
46. Ibrahim, W., Sarwar, Z., Khan, A., Hassan, A., Azeem, A., Nazir, A., Jamshaid H. & Hussain, U. (2019), *A novel study of comparison properties of pigment and reactive dye-printed cotton fabric*, Journal of Natural Fibers, 16, 6, 825-835.
47. Keskin, R. (2006), *Reaktif Boyarmaddelerle Boyanmış Pamuklu Dokumaların Yıkama, Ter ve Sürtme Haslıklarının Gözle ve Spektrofotometreyle Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
48. Amin, M. N., & Blackburn, R. S. (2015), *Sustainable Chemistry Method to Improve the Wash-off Process of Reactive Dyes on Cotton*, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 3, 4, 725-732.

49. Kır, Z. N., & Benli, N. (2018), *Reaktif Boyamalar için Formaldehitsiz Fiksator Kullanılarak Pamuklu Kumaşta Haslıkların İncelenmesi*, *Tekstil ve Mühendis*, 25, 112, 319-326.
50. Habekost, M. (2013), *Which Color Differencing Equation Should be Used*, *International Circular of Graphic Education and Research*, 6, 20-33.
51. Chen, W., He, H., Zhu, H., Cheng, M., Li, Y., & Wang, S. (2018), *Thermo-Responsive Cellulose-Based Material with Switchable Wettability for Controllable Oil/Water Separation*, *Polymers*, 10, 6, 592.
52. Portella, E. H., Romanzini, D., Angrizani, C. C., Amico, S. C., & Zattera, A. J. (2016), *Influence of Stacking Sequence on The Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Cotton/glass Fiber Reinforced Polyester Composites*, *Materials Research*, 19, 542-547.
53. Xiong, Z., Chen, N., & Wang, Q. (2021), *Preparation and Properties of Melamine Formaldehyde Resin Modified by Functionalized Nano-SiO₂ and Polyvinyl Alcohol*, *Polymers and Polymer Composites*, 29, 2, 96-106.
54. Gan, W., Yang, H., Zhang, Y., Shi, S. Q., Lin, C., Pan, L., & Huang, Z. (2016), *Synthesis and Characterization of Sucrose-Melamine-Formaldehyde Adhesives*, *Bioresources*, 11, 1, 2516-2525.
55. Özbaş, Z. (2018), *Amin Grupları ile Fonksiyonelleştirilmiş Poli (vinil alkol) Aşı Kopolimerinin İlaç Salım Sistemlerinde Kullanımının İncelenmesi*, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 2, 954-960.