



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİSPERS BOYAMA SONRASI REDÜKTİF YIKAMA
İŞLEMLERİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER
GELİŞTİRİLMESİ**

ZEHRA KÜPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2025

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİSPERS BOYAMA SONRASI REDÜKTİF YIKAMA
İŞLEMLERİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER
GELİŞTİRİLMESİ

ZEHRA KÜPE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2025

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Zehra KÜPE



Bu çalışma TÜBİTAK TEYDEB 1505 Üniversite-Sanayi İş birliği Destek Programı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 5230025 (TÜBİTAK)

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**DİSPERS BOYAMA SONRASI REDÜKTİF YIKAMA İŞLEMLERİ İÇİN
SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER GELİŞTİRİLMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Zehra KÜPE

ÖZET

Poliester kumaşların boyama işlemleri, yüksek sıcaklık ve kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilir. Ancak poliesterin kimyasal yapısı nedeniyle, boyarmaddelerin liflere bağlanma oranı ve yüzeyde kalan fazla boyarmaddelerin temizlenmesi gibi zorluklar ortaya çıkar. Redüktif yıkama, bu fazla boyarmaddelerin indirgenerek ayrılmasını sağlar. Ticari olarak hidrosülfid, tio-ürediyoksit, hidroksiaseton, sodyum bor hidrit, sodyum bisülfid, gibi indirgen yıkama maddeleri kullanılmakta, ancak bu maddeler fazla su tüketimi ve yüksek kükürt atığı gibi sorunlar yaratmaktadır. Tez çalışmasında, bu sorunları azaltmak amacıyla yeni bir yıkama maddesi KBH₄ geliştirilmiştir. Bu ürünün özellikleri belirlenmiş ve uygun proses koşulları (süre, sıcaklık, pH) tespit edilmiştir. Laboratuvar tipi boyama makinesinde yapılan boyama denemeleri sonrasında, alternatif yıkama kimyasalları ile farklı pH ve sıcaklıklarda yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında, çektirme yöntemiyle laboratuvar tipi boyama makinesinde %5 konsantrasyonda, 1/8 flotte oranı ile boyamalar gerçekleştirilmiştir. Boyamaların ardından alternatif olabilecek yıkama kimyasalları ve referanslar ile yıkamalar yapılmıştır. Yıkamalar farklı pH ve sıcaklıklarda uygulanmıştır. Yıkama denemeleri ayrıca dispergator kullanılarak tekrarlanmıştır. Böylece alternatif ürünün çalışma şartları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca karşılaştırma yapmak için ticari ürünler kullanılarak da yıkama denemeleri yapılmıştır. Sonuçlar, KBH₄ ile yapılan yıkamaların, ticari ürünlere göre daha iyi renk haslık performansı ve daha çevreci atık su kalitesi sunduğunu göstermiştir. Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için 2 g/L dispergator ve 3 g/L KBH₄ kullanımı, Setapers Red E3BN için ise 3 g/L dispergator ve 5 g/L KBH₄ ile yapılan yıkamalar, ticari ürünlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliester boyama, redüktif yıkama, tekstil, haslık, sürdürülebilirlik, KBH₄, renk, atık su

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Nisan / 2025

Danışman: Prof. Dr. Onur BALCI

Sayfa sayısı: 96

**DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR REDUCTIVE
WASHING PROCESSES AFTER DISPERSE DYEING**

(M.Sc. THESIS)

Zehra KÜPE

ABSTRACT

The dyeing processes of polyester fabrics are carried out using high temperatures and chemicals. However, due to the chemical structure of polyester, challenges arise in the binding of dyes to the fibers and the removal of excess dyes remaining on the surface. Reductive washing helps to separate these excess dyes. Commercially used reductive washing agents include hydrosulfite, thio-urea dioxide, hydroxylacetone, sodium borohydride, and sodium bisulfite, but these agents create issues such as excessive water consumption and high sulfur waste. In this thesis, a new washing agent, KBH_4 , has been developed to address these problems. The properties of this product have been identified, and suitable process conditions (time, temperature, pH) have been determined. After dyeing trials conducted in a laboratory dyeing machine at a 5% concentration and a 1/8 liquor ratio, washing processes were performed with alternative washing chemicals at different pH levels and temperatures. Washing trials were also repeated using a dispersant to establish the working conditions of the alternative product. Additionally, washing trials were conducted using commercial products for comparison. The results indicate that washes performed with KBH_4 provide better color fastness performance and more environmentally friendly wastewater quality compared to commercial products. For the Setapers Blue FBL-N dye, using 2 g/L of dispersant and 3 g/L of KBH_4 , and for the Setapers Red E3BN dye, using 3 g/L of dispersant and 5 g/L of KBH_4 yielded better results than the commercial products.

Keywords: Polyester dyeing, reductive washing, textile, fastness, sustainability, KBH_4 , color, wastewater

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Institute of Science and Technology

Department of Textile Engineering, April / 2025

Supervisor: Prof. Dr. Onur BALCI

Page number: 96

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, bana destek veren ve yol gösteren danışman hocam; Sayın Prof. Dr. Onur BALCI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam için maddi destek sağlayan (TÜBİTAK) Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna teşekkürlerimi sunarım.

Kimyasal sentezi gerçekleştiren ayrıca bize sabırlı olmayı öğreten, Sayın Doç. Dr. Gökhan CEYHAN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında her zaman destek veren Latro Kimya Ar-Ge Merkezi ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Materyal teminimi sağlayan Sayın Dr. Gassan ASKER 'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar denemelerinde destek olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Koray PEKTAŞ hocama ve Orhan ASKER, Fatma ŞAHİN arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eşim Ahmet KÜPE 'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen her koşulda yanımda olan çok değerli ailem Elif ATEŞ ve Zeki ATEŞ'e ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zehra KÜPE

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Dispers Boyarmaddeler	3
1.2. Poliester Materyallerin Boyanma Mekanizması	4
1.3. Poliester Liflerinin Boyanma Yöntemleri	5
1.4. Redüktif Yıkama	6
1.4.1. Sodyum ditiyonit (hidrosülfid)	7
1.4.2. Tiyoüredioksit ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)	7
1.4.3. Sodyum bor hidrür ihtiva eden indirgen madde (NaBH_4)	7
1.4.4. Diğer kullanılan maddeler	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Poliester kumaş	18
3.1.2. Dispers boyarmaddeler	18
3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler	19
3.1.3.1. Potasyum bor hidrür (KBH_4)	20
3.1.4. Kullanılan ekipmanlar	27
3.2. Metot	28
3.2.1. Boyama	29
3.2.2. Redüktif yıkama	31
3.3. Test ve Analizler	34
3.3.1. Haslık performans ölçümleri	34
3.3.1.1. Yıkamaya karşı renk haslığı	35
3.3.1.2. Tere karşı renk haslığı	35
3.3.1.3. Suya karşı renk haslığı	36
3.3.1.4. Süblimasyon haslığı	36
3.3.2. Renk ölçümleri	36
3.3.3. UV ölçümleri	38
3.3.4. Atık su analizleri	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41

4.1. CIELab Ölçüm Sonuçları	41
4.2. Haslık Performansının Değerlendirilmesi	44
4.2.1. Yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları.....	45
4.2.2. Suyu karşı renk haslığı test sonuçları	54
4.2.3. Asidik tere karşı renk haslığı sonuçları	63
4.2.4. Bazik tere karşı renk haslığı sonuçları	72
4.2.5. Süblimasyon haslığı test sonuçları	80
4.3. Atık Sular için UV Ölçüm Sonuçları	81
4.4. Atık Su Analizleri	88
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	93
ÖZ GEÇMİŞ.....	96



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Temel bir dispers boyarmadde yapısı.....	3
Şekil 3.1. KBH ₄ sentez aşamaları	23
Şekil 3.2. KBH ₄ 'e ait FTIR spektrumu	24
Şekil 3.3.KBH ₄ 'e ait XRD deseni	25
Şekil 3.4. KBH ₄ 'e ait SEM görüntüleri	26
Şekil 3.5. KBH ₄ 'e ait TGA eğrisi	27
Şekil 3.6. Boyamada ve yıkamada kullanılan alet/teçhizatların görüntüsü.....	29
Şekil 3.7. Dispers boyama grafiği	30
Şekil 3.8. 80 °C Redüktif yıkama grafiği	33
Şekil 3.9. 90 °C Redüktif yıkama grafiği	34
Şekil 3.10. Yıkama haslığı test cihazının görüntüsü.....	35
Şekil 3.11. Tere karşı renk haslığı ile ilgili görseller	36
Şekil 3.12 . Spektrofotometre	37
Şekil 3.13. CIELab Renk uzayı üzerinde renk farkı	37
Şekil 3.14. UV-vis spektrometresinin görüntüsü.....	39
Şekil 4.1.Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların dispergatörlü ve dispergatörsüz kıyaslanmaları	81
Şekil 4.2.Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların dispergatörlü ve dispergatörsüz kıyaslanmaları	82
Şekil 4.3.Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların işlemsiz, kaynar yıkama, soğuk durulama ve hidrür bileşikleriyle kıyaslanmaları.....	83
Şekil 4.4.Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların işlemsiz, kaynar yıkama, soğuk durulama ve hidrür bileşikleriyle kıyaslanmaları.....	84
Şekil 4.5. Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların kaynar yıkama, hidrür bileşikleriyle ve ticari yıkama kimyasallarıyla konvansiyonel çalışmalarının kıyaslanmaları ...	85
Şekil 4.6.Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların, kaynar yıkama ve ticari yıkama kimyasallarıyla hidrür bileşikleriyle kıyaslanmaları	85
Şekil 4.7. 1) boyama suyu, 2) soğuk durulama suyu, 3) bor ile yapılmış yıkama suyu 4) borlu yıkamadan sonraki soğuk durulama suyu	87

Şekil 4. 8. Atık suda sülfür tayini sonuçları.....	88
Şekil 4.9.Atık suda sülfid tayini sonuçları.....	88
Şekil 4.10. Atık suda KOİ tayini sonuçları.....	89
Şekil 4.11.Atık suda BOİ tayini sonuçları	89
Şekil 4.12. Atık suda AKM tayini sonuçları.....	90



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1.Seçilen numune örgü kumaşın yapı özellikleri	18
Çizelge 3.2. Seçilen dispers boyarmaddeler ve yapıları.....	19
Çizelge 3.3.Kullanılan kimyasallar ve yapıları	19
Çizelge 3.4.Deneysel çalışmalarda kullanılan ekipmanlar ve üretici firmaları.....	28
Çizelge 3.5. Dispers boyama reçetesi.....	29
Çizelge 3.6. Numunelere yapılan işlemler ve kodlamaları.....	31
Çizelge 3.7.Redüktif yıkama çalışmaları grup 1 çalışmaları.....	32
Çizelge 3.8. Redüktif yıkama çalışmaları grup 2 çalışmaları.....	33
Çizelge 4.1. Setapers Red E3BN CIELab sonuçları.....	41
Çizelge 4.2.Setapers Blue FBL-N CIELab sonuçları	42
Çizelge 4.3. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1).....	45
Çizelge 4.4. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)	46
Çizelge 4.5. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2).....	48
Çizelge 4.6. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)	49
Çizelge 4.7.Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)	50
Çizelge 4.8. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1).....	51
Çizelge 4.9.Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)	52
Çizelge 4.10. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)... ..	53
Çizelge 4.11. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)	55
Çizelge 4.12.Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1).....	56
Çizelge 4.13. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2).....	57
Çizelge 4.14. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2).....	58
Çizelge 4.15. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)	59
Çizelge 4.16.Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1).....	60
Çizelge 4.17. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)	61
Çizelge 4.18. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2).....	62

Çizelge 4.19.Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)....	64
Çizelge 4.20. Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1) ...	64
Çizelge 4.21.Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)....	66
Çizelge 4.22. Setapers Red E3BN Asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları grup 2	67
Çizelge 4.23. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1) .	68
Çizelge 4.24. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)..	69
Çizelge 4.25. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2) .	70
Çizelge 4.26. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)..	71
Çizelge 4.27. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1).....	72
Çizelge 4.28. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)	73
Çizelge 4.29. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)....	74
Çizelge 4.30. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)	76
Çizelge 4.31. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1) ..	77
Çizelge 4.32. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)...	78
Çizelge 4.33. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2) ..	79
Çizelge 4.34. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)...	79
Çizelge 4. 35.Süblimasyon haslığı test sonuçları	80
Çizelge 4.36.Atık su test sonuçları	88

1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, ülkemizde insanların geçimini sağladığı büyük bir sektördür. İhracatında ciddi bir bölümünü oluşturmaktadır. Dünya 'da yaşanan hızlı dönüşüm, tekstil sektörünü olumsuz etkilemektedir. Uluslararası yarışta pazar payını korumak için, üretim maliyetlerini düşürmek ve kaliteyi artırmak gerekmektedir. Dünya'da gün geçtikçe elyaf talebi daha da artmaktadır. Günümüzde 100 milyon ton olan bu talep devam edecek olursa, 2030 yılına kadar bu talebin 140 milyon tona ulaşması beklenmektedir. 2018'de kullanılan 100 milyon tonluk elyafın 55 milyon tonunu poliester elyaf, 26 milyon tonu pamuk elyafı, 6 milyon tonu selülozik elyaf, 5 milyon tonu naylon, 2 milyon tonu akrilik ve 1 milyon tonunu yün oluşturmaktadır (Web 2021).

Dünya'da sentetik elyaf üretiminde büyük paya sahip olan poliesterden teknolojik gelişmelerle birlikte üretilen ürünlerin özellikleri de her geçen gün iyileşmektedir. Poliesterden üretilen ürünlerin lif üretimindeki yenilikler ve dokuma aşamasındaki gelişmeler, ön terbiye, boyama ve bitim işlemlerinde de yenilikçiliği getirmektedir. Terbiye dairesine bakıldığında çalışmaların geneli elyafın boyanabilirliği üzerinedir. (Balcı, 2011).

Poliesterin kısaltması PES ya da polietilentereftalat esaslı ise PET'tir. Polietilentereftalat esaslı poliester genellikle DMT ya da TPA ile etilen glikol kullanılarak üretilmektedir. Poliester sentetik elyaf olduğundan boyarmaddelerle kimyasal bağ kuracak serbest uçlara sahip değildir. Bu yüzden, selüloz esaslı elyaflarda olan kimyasal reaksiyonlar poliesterde olmamaktadır. Boyama işlemi de dışardan etkilerle yapılmaktadır. Poliesterin boyanması, bir dizi işlem sırasından oluşmaktadır. Poliester liflerinin boyanmasında dispers boyarmaddeler kullanılmaktadır. Dispers boyarmaddeler, geniş renk yelpazesine sahiptir. İyi boyama etkinliği ve yüksek haslıklar sağlamaktadır. Dispers boyarmaddeler molekül büyüklüklerine göre sınıflara ayrılmaktadır (Açar, 2022).

- Küçük molekülü,
- Orta molekülü,
- Büyük molekülü dispers boyarmaddelerdir.

Poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyandıktan sonra genellikle redüktif yıkama işlemi yapılmaktadır. Redüktif yıkama işleminde ise Hidrosülfid uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır.

Son zamanlarda, hidrosülfid yerine daha çevreci farklı indirgen maddeler de kullanılmaya başlanmıştır. Bu alternatif indirgen maddeler arasında, ditiyonit karışımları, ditiyonit-formaldehit türevleri, tiyoüredioksit, polihidroksi bileşenler ve hidroksiaseton gibi çeşitli bileşikler bulunmaktadır. Fakat bu maddelerin hepsinde uygulama esnasında belirli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle bazıları yaygınlaşabilmiştir. Günümüzde, indirgeme maddelerinin olumsuz yönlerini aşabilen ve çevre dostu olan alternatifler geliştirilmektedir. Sodyum bor hidrür ve yeni indirgen maddeler, ekolojik açıdan büyük avantajlar sunmaktadır. Uygulama açısından daha verimli bir çözüm sağlamaktadır. Bu maddeler, atık sularda zararlı sülfat ve sülfid artıkları bırakmamaktadır. KOİ değerleri de düşüktür. Bu yüzden, tekstil terbiyesi alanında bor esaslı ürün kullanımının çevresel açıdan önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir (Paydak, 2006).

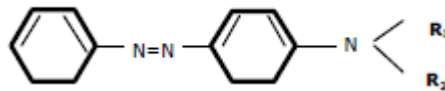
Tezin amacı;

Tezin amacı; çevreci ve sürdürülebilir redüktif yıkama kimyasalı sentezlenmesi, ardından sentezlenen kimyasal için proses geliştirmektir. Ticari olarak kullanılan yıkama maddelerinin, çevreye birçok olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sentezlenen alternatif yıkama maddesinin denemeleri tez kapsamında yapılmıştır. Tez çalışmasında, laboratuvar tipi boyama makinesinde çekirme yöntemiyle, %5 konsantrasyonda, 1/8 flotte oranında boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemlerinin ardından, alternatif ürün olarak sentezlenen yıkama maddesi ile yıkama işlemleri yapılmıştır. Yıkama işlemlerinde asidik, nötr ve alkali şartlar oluşturularak yıkama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 80°C ve 90°C sıcaklıklarında redüktif yıkamalar uygulanmıştır. Yıkama işlemlerinde, dispergatör kullanılarak da yıkamalar tekrar edilmiştir. Karşılaştırma yapmak amacıyla ticari ürünlerle de yıkamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, alternatif ürünle ticari olarak kullanılan yıkama maddelerinin etkileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, redüktif yıkama işlemi sonrası renk ölçümleri, yıkamaya karşı, suya karşı, tere karşı renk haslıkları ve süblimasyon haslığı testlerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma boyunca elde edilen yıkama atık sularına testler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir. Sonuç olarak; alternatif ürün olarak sentezlenen yıkama maddesinin çalışma şartları belirlenmiştir. 90°C yapılan yıkamaların daha iyi renk haslığı sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. 80°C yapılan yıkamalarda ise KBH₄ yıkama denemelerinde Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için 2 g/L dispergatörlü ve 3 g/L dispergatörsüz olan deneme, Setapers Red E3BN boyarmaddesi için 3 g/L dispergatörlü ve 5 g/L dispergatörsüz yapılan yıkama denemesinin ticari ürünlerden daha iyi renk haslığı ve renk sonuçları elde edilmiştir.

1.1. Dispers Boyarmaddeler

Boyarmaddeler, yüzeylere renk özelliği kazandıran maddelerdir. Tekstil alanında, yılda 700.000 tonun üzerinde sentetik boyarmaddeler üretilmektedir. Tekstil boyarmaddeleri, ışık, ter ve yıkama gibi koşullara karşı dayanıklı olmalı, kolayca solmamalı, maliyeti düşük olmalıdır. 1920’lerde, dispers boyarmaddeler sentetik elyafın boyanmasında olumlu bir gelişme sağlamıştır. Günümüzde poliester gibi sentetik kumaşların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Azo boyarmaddeler, suda az çözünen, düşük molekül ağırlığa sahip ve iyonik olmayan organik bileşiktir. Boyarmaddenin büyüklüğü, homojenliği ve dispersiyon maddelerinin yapısı, boyarmaddelerin liflere bağlanmasını etkileyen faktörlerdendir (Çiftçi, 2023).

Dispers boyarmaddeler, genellikle molekül ağırlığına ve polar grup sayısına göre gruplandırılmaktadır. Düşük enerjili dispers boyarmaddeler, küçük molekül ağırlığa sahip, hızlı boyama ve homojen dağılım sağlarken düşük süblimasyon haslığına neden olur. Yüksek enerjili dispers boyarmaddeler ise büyük molekül ağırlığa sahip, yavaş boyama ve yüksek süblimasyon haslığı sunmaktadır. Çektirme yöntemine göre boyamada düşük enerjili boyarmaddeler kullanılırken, termosol boyama yönteminde yüksek enerjili boyarmaddeler daha iyi sonuçlar vermektedir. Dispers boyarmaddenin molekül büyüklüğü ise “R” kısmına bağlanan gruplara göre değişmektedir. Şekil 1.1.’de dispers boyarmadde yapısı verilmektedir (Balcı, 2011).



Şekil 1.1. Temel bir dispers boyarmadde yapısı (Duran, 2001)

Dispers boyarmaddeler, hidrofob liflere bağlanan, suda az miktarda çözünebilen boyarmaddeler olup, genellikle sulu dispersiyonlar şeklinde uygulanmaktadır. Boyama esnasında, boyarmadde çoğunlukla süspansiyon halde bulunur ve liflere geçişi, çözünmüş boyarmaddelerle gerçekleşmektedir. Bu boyarmaddeler, küçük boyutta ve stabil süspansiyon halde olup, su içinde ideal olmayan çözeltiler olarak çözünür, yüksek seviyede aktivasyon katsayısına sahiptir. Saf haldeki dispers boyarmaddeler, 150-200 °C’de eriyip süblime olabilmektedir. Boyarmaddelerin çözünürlüğü sıcaklıkla artmaktadır. Çözünürlük boyarmaddenin kimyasal yapısına bağlıdır.

Dispersiyon maddeleri, boyarmadde partiküllerini dengelemektedir. Topaklanmayı engellemekte ve boyarmaddenin çözeltiye homojen dağılmasını sağlamaktadır. Dispers boyarmaddeler, yüksek sıcaklıklarda stabil kalabilmektedir. Bu yüzden poliesterin boyanmasında kullanılmaktadır. Boyama sürecinde, boyarmadde partiküllerinin büyüklüğü ve kararlılığı çok önemlidir. Dispers boyarmaddeler, suya eklendiklerinde hızla dağılır ve küçük, üniform parçacıklar oluşturmaktadır. Yüzey aktif maddeler, bu partiküllerin topaklanmasını engellemekte ve boya geçişini düzenlemektedir. Boyama sırasında doğru dispersiyon maddeleri ve yüzey aktif maddeler seçildiğinde, dispers boyarmaddeler iyi boyama sağlamaktadır. Fakat fazla yüzey aktif madde eklemek bazı boyarmaddelerin kristalleşmesine ya da topaklanmasına neden olmaktadır. Bu da boyama verimini olumsuz etkilemektedir. Dispers boyarmaddeler, düşük molekül ağırlıklı, dengeli ve hızlı çözünür özellikleriyle verimli ve kaliteli boyama sağlamaktadır (Sunguray, 2010).

Boyama esnasında, dispers boyarmaddeler liflere difüzyonla yerleşip lif içinde çözünmektedir. Isıl işlem esnasında, boyarmaddeler lif yüzeyine yönlendirilmektedir. Lif yüzeyinde tutunamayan fazla boyarmaddeler, renk haslığını düşürmektedir. Yaygın olarak kullanılan dispers boyarmaddeler diazo, antrakinin ve monoazo yapılarına sahiptir. Mevcut boyarmaddelerin ise %85'ini oluşturmaktadır. Geriye kalan %15'lik kısım ise stilin türevleri, aril benzimidazol ve naftolkinon gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Monoazo boyarmaddeler, dispers boyarmaddelerin yaklaşık %50'sini, diazo boyarmaddelerse %15'ini oluşturmaktadır (Sarlı, 2024).

1.2. Poliester Materyallerin Boyanma Mekanizması

Poliester liflerinin boyanması, yüksek kristalin yapı, hidrofor özellikleri ve boyarmadde moleküllerinin kimyasal bağ yapabileceği fonksiyonel grupların olmaması nedeniyle normal şartlarda oldukça zordur. Boyama esnasında, boyarmaddenin poliester liflerine geçişi, mono moleküler sıvı içinde gerçekleşmektedir. Poliester liflerinin dispers boyarmaddelerle boyanma mekanizması 4 adımda gerçekleşmektedir:

- Boyarmaddenin çözünmesi: Partikül haldeki boyarmadde, boyarmadde flottesinde içinde çözünmektedir. Çözeltideki çözünmeyen ve asılı kalan boyarmadde partikülleri, zamanla çözünmeye başlamaktadır.
- Boyarmaddenin difüzyon sınır tabakasına difüzyonu: Boyarmadde flottesinden lif sınır tabakasına doğru boyarmadde moleküllerinin geçişi, boyarmadde çözeltisindeki akıştan etkilenir. Bu yüzden, boyarmadde banyosundaki karıştırma miktarı, boyama

makinesinin dizaynı gibi faktörler, lif yüzeyine boyarmaddenin difüzyonunu etkileyen önemli etkenlerdendir.

- Boyarmaddenin lif yüzeyine tutunması: Difüzyon sınır tabakasına geçmiş boyarmadde, lif yüzeyinde absorplanmaktadır.
- Boyarmaddenin lif içerisine geçişi ve hapsolması: Lif yüzeyine absorplanan boyarmadde molekülleri, lifin içine geçer ve bu süreç sonucunda boyarmadde lifte kalıcı olarak yerleşme sağlanmaktadır (Ugur, 2004).

1.3. Poliester Liflerinin Boyanma Yöntemleri

Poliester lifleri hidrofob, kompakt ve yüksek kristalin yapıda bulunmaları ve yapısındaki tereftalat gruplarının benzen halkaları 80°C civarında amorf bölgelere rijitlik sağlayan yüksek bir camlaşma noktası olması, yüksek sıcaklıklarda veya camlaşma noktasını düşüren carrierler kullanılarak daha kolay boyanabilmektedirler. Poliester liflerinin boyanmasında en çok kullanılan yöntemler;

Carrier boyama yöntemi; Poliester liflerinin boyanması boya banyosunda farklı organik maddelerin varlığında artmaktadır. Bu maddelere "Carrier" denir ve bu yöntemle yapılan boyama işlemine " Carrier Boyama "olarak adlandırılmaktadır. Carrierler, camlaşma sıcaklığını düşürür ve boyarmaddenin liflere daha kolay transfer olmasını sağlamaktadır. Carrierler, ayrıca boyarmaddenin liflere migrasyonunu hızlandırmaktadır. Carrierin yüksek maliyeti, boyanmış kumaştan uzaklaştırılmasının zorluğu ve ışık haslığı üzerindeki olumsuz etkileri bulunmaktadır (Yalçın, 2011).

HT boyama yöntemi; HT boyama, poliester kumaşların boyanmasında en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Bu metot, kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıkta ve basınçta gerçekleşmektedir. Poliesterin 1. camlaşma noktası 70-80°C civarındadır, ancak bu sıcaklıkta boyarmadde liflere nüfuz edemez. 140°C ikinci camlaşma noktasıdır. Burada boyarmadde liflere nüfuz etmektedir (Açar, 2022).

Termosol boyama yöntemi; Termosol boyama, özellikle poliester ve poliester/selüloz karışımli kumaşların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, poliester kumaşlar dispers boyarmaddeyle fularda emdirilmektedir. Ardından kurutma işlemi iki aşamada yapılmaktadır. İlk aşama, ön kurutmadır burada amaç; kumaşın nem oranını %20-30 seviyelerine düşürmektir. Ardından, esas kurutma işlemi 120°C'de yapılır ve kumaştaki

nem tamamen uzaklaştırılmaktadır. Termosollemeyeyle boyarmaddenin kumaş yüzeyine tutunması ve lifin iç yapısına difüzyonunu sağlanmaktadır.

Daha sonra ard işlemlerle boyama işlemi sonrasında, kumaş üzerindeki boyarmadde kalıntıları ve diğer maddeler sıcak ve soğuk durulamalarla uzaklaştırılmaktadır (Sarlı, 2024).

1.4. Redüktif Yıkama

Boyama işleminin ardından, lifin yüzeyindeki boyarmadde yoğunluğu, lifin içindeki boyarmadde yoğunluğundan daha yüksektir. Yüzeydeki tutunamayan boyarmaddelerin renk verme miktarı azdır ama yıkama esnasında bu maddeler tekrar boyarmadde banyosuna geçerek haslık özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Poliesterin boyanmasında redüktif yıkama yapılmadan yüksek haslıkları elde etmek olası değildir. Orta ve koyu renkli boyamalarda redüktif yıkama, haslık özelliklerini iyi yönde etkilemektedir. Açık renkli boyanmış mamullerin yıkanması sadece haslık sorunlarının olmadığı durumlarda oligomer oluşumunu azaltmak için yapılmaktadır. Redüktif yıkama işleminin zorunluluğu, boyarmadde konsantrasyonuna, boyarmaddenin kimyasal özelliklerine ve boyamanın işlem koşullarına bağlıdır. Bu işlemde, boyanan ürün indirgen maddeler ve kostik soda ile işlem görmektedir. Özellikle sıkı olmayan azo dispers boyarmaddeler, indirgen yıkamayla azo bağlarını kırarak ayırır. Antrakınon bazlı boyarmaddeler tamamen yok edilemez ve yüzey temizliği için geçici olarak alkali leuko formda çözünmeleri sağlanmaktadır. (Hacıoğlu, 2023).

Redüktif yıkama işlemi, elyaf içine girmiş boyarmaddeleri tahrip etmeden, NaOH, hidrosülfid, sodyum bisülfid, tiyüredioksit, glikoz türevleri içeren yıkama banyolarında gerçekleştirilmektedir. Her indirgeme maddesinin işlem koşulları farklıdır (Sunguray, 2010). Yaygın kullanılan indirgen yıkama maddesi ise hidrosülfittir. Bu maddelerde beklenen özellikler arasında yüksek temizleme ve çözündürme , renk nüansını değiştirmeme, köpük oluşturmama, oligomer ve boyarmadde artıklarının topaklanmasını engelleme, alkaliye dayanıklılık ve biyolojik şekilde parçalanabilir olmaları yer almaktadır (Açar, 2022).

İndirgen yıkama genellikle alkali ortamlarda yapılmaktadır. Ancak bu işlemin, çevresel açıdan farklı etkileri bulunmaktadır. Fazla su kullanımı ve atık suya yüksek miktarda kükürt atığı bırakması bu etkilerden bazılarıdır. İndirgen yıkamayla elyafa yüzeysel olarak tutunan boyarmadde molekülleri küçük, suda çözünebilir ve renksiz parçalara

ayrılmaktadır. Genellikle 80°C’de 15 dakika boyunca indirgenme yapıldıktan sonra soğuk durulama işlemi uygulanmaktadır (Çiftçi, 2023).

1.4.1. Sodyum ditiyonit (hidrosülfite)

Sodyum ditiyonit (hidrosülfite), tekstil alanında yaygın olarak kullanılan bir indirgeme maddesidir. Çözünme sıcaklığı 85°C, pH değeri ise 3’tür. Hava ile kolayca oksitlenir ve stabilitesi 80°C’de 30 dakika kadardır. Hidrosülfite, yüksek verimliliği ve uygun maliyetiyle tekstil alanında yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla beraber, çevre dostu alternatif indirgen maddeler de geliştirilmektedir. Bu alternatifler genellikle sodyum ditiyonite göre etkinliği az ve daha pahalıdır. Hidrosülfite yapılan redüktif yıkama işlemi, boyama sonrası fikse olmamış boyarmaddelerin ve kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Bu işlemle, lif yüzeyindeki tutunamamış boyarmadde uzaklaştırılır ve kumaşın haslık değerleri iyileştirilmektedir. Çevresel ve endüstriyel etkilerine bakıldığında hidrosülfite, yüksek tuz yükü ve çözülmüş oksijen tüketimi gibi çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Bu yüzden , atık su için ve çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesi önem arz etmektedir (Balcı, 2004).

1.4.2. Tiyoüredioksit (CH₄N₂O₂S)

Tiyoüredioksit, tekstil alanında fazla kullanılan indirgen maddelerdendir. Çözünme sıcaklığı 80°C olup, pH değeri 4 olan ortamda çözünmektedir. Toz formda ve anyonik yapıdadır. Hidrosülfite ile kıyaslandığında, reçetelerde daha düşük miktarda kullanımı yeterlidir. Boyama sonrasında kumaş yüzeyinde kalan ölü boyarmaddeleri çözerek uzaklaştırmaktadır. Kullanımı ise;

- Banyo Hazırlığı: 2-4 g/L sodyum bisülfite ve 2-4 g/L kostik soda ile banyo hazırlanır.
- Sıcaklık: Sıcaklık 60-80°C arasındadır.
- Yıkama Süresi: 15-30 dakika arasında yıkama yapılmaktadır.
- Son İşlemler: Kumaş durulanır ve nötralize edilmektedir (Sunguray, 2010).

1.4.3. Sodyum bor hidrür ihtiva eden indirgen madde (NaBH₄)

Sodyum bor hidrür, tekstil endüstrisinde kullanılmaya başlanan bir diğer indirgen maddelerdendir. Kimyasal yapısı NaBH₄ olan bu bileşik, güçlü bir indirgemeye sahiptir. Genellikle redüktif yıkama işlemlerinde kullanılmaktadır. İşlem koşulları ise;

- Çözünürlük: Su ile kolayca çözünebilmektedir.

- Sıcaklık: Genellikle 50-70°C arasında kullanılmaktadır.
- pH: İndirgeme reaksiyonu alkali ortamda daha iyi gerçekleşir.
- Kullanım Miktarı: Sodyum bor hidrür, genellikle düşük miktarda kullanılmaktadır.
- Süre: 15-30 dakika işlem yapılmaktadır (Sunguray, 2010).

1.4.4. Diğer kullanılan maddeler

Sodyum Hidrosülfat (NaHSO_3); En yaygın kullanılan indirgeme maddesidir. Boyama sonrası kalan "ölü boya"yı kumaştan uzaklaştırmaktadır.

Sodyum Bisülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$); Hidrosülfatın yerine kullanılan, daha az toksik bir maddedir. Boyarmadde moleküllerinin indirgenmesini sağlayarak uzaklaştırmaktadır.

Formamidinsülfat; Boyama sonrası rengin düzgün olmasını sağlamak ve fazla boyarmaddeleri çözmek için kullanılmaktadır.

Sodyum Tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$); Açık renkli kumaşlarda kullanılmaktadır. Hafif bir indirgeme maddesidir.

Hidroksimetansülfonat; Tekstilde indirgen madde olarak kullanılmaktadır. Kimyasal formülü $\text{CH}_3\text{OH}\cdot\text{SO}_2\text{H}$ olup, suda çözünmektedir. Alkali ortamda etkinliği yüksektir. Özellikleri ise;

- Kimyasal Yapı: $\text{CH}_3\text{OH}\cdot\text{SO}_2\text{H}$.
- Kullanım: Boyama sonrası fazla boyarmaddeyi ve kirleticileri uzaklaştırmaktadır.
- Çözünürlük: Suda çözünür, genellikle sıcaklık 50-80°C arasında kullanılmaktadır (Balcı, 2004).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Poliesterin boyanması, redüktif yıkama proses ve maddeler ile bor bileşikleri hakkında yapılmış literatür taraması sonuçları ve özetleri aşağıda verilmiştir;

Ceyhan vd., (2024), ‘Developing Of Sustainable Solution For Washing Of Dispers Dyed Polyester ‘adlı çalışmasında, indirgemeli yıkama yerine, dispers boyarmadde ile boyanmış poliester elyafı için yeni bir madde geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada sentezlenen bu alternatif madde ile yeni bir yıkama sürecinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Küçük ve orta moleküllü dispers boyarmaddelerle %100 poliester örme kumaş boyanmıştır. Boyanmış poliester kumaşlara borazol ve standart yıkama maddesi uygulandıktan sonra renk haslıkları incelenmiştir. Ayrıca, CIELab değerleri spektrofotometre ile ölçülmüştür. Böylece, geliştirilen yeni borazolün performansı belirlenmiş ve dispers boyalı poliester kumaş için kullanılma olanağı tespit edilmiştir.

Li vd., (2022), ‘Cu(II)/Sodium Borohydride-Based Electrocatalytic System For Reduction And Dyeing Of Indigo ‘adlı çalışmasında indigonun sodyum hidrosülfid indirgeme boyamasının neden olduğu ağır atık arıtma yükü ve çevre kirliliği gibi problemleri iyileştirmek için, normal sıcaklık ve basınç altında daha çevreci Cu (II) / sodyum borohidrit ile indirgeme indigo için doğrudan elektrokimyasal indirgeme gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Cu (II)/sodyum bor hidrür indirgeme sisteminin elektrokimyasal özelliği döngüsel voltametriyle incelenmiştir. Cu (II)/sodyum bor hidrür indirgeme sisteminin boyama performansı, anot elektrolitindeki bakır sülfat konsantrasyonu, uygulanan voltaj ve indirgeme süresi tek faktörlü ve ortogonal analiz yoluyla optimize edilerek geliştirilmiştir. Cu (II)/sodyum borohidrit indirgeme sisteminin boyama performansının, sodyum hidrosülfid ile indirgeme boyamasından daha üstün olduğu görülmüştür. Optimize edilmiş şartlarda, iki indirgeme boyama işleminde boyanmış kumaşın kuru/ıslak sürtme haslığı temel olarak karşılaştırılmıştır. Cu (II)/NaBH₄ ile indigonun elektro katalitik indirgenmesinin K/S değeri 11.81 ölçülmüştür ve bu değer indigonun geleneksel sodyum hidrosülfid indirgeme boyamasıyla elde edilenden daha yüksektir. Burada uygulanan yenilikçi elektrokatalitik indirgeme sistemi, hidrojen kaynağı olarak sodyum bor hidrür ile elektron transferi için bir ortam görevi gören ve indirgenmesini kolaylaştırmak için boyarmadde molekülünü aktif hale getiren katalizör olarak Cu(II) kompleksini kullanılmıştır. Burada sunulan elektrokimyasal boyama yöntemi, indigonun sodyum bor hidrür ile indirgeme boyama performansını iyileştirmek için alternatif sunmuştur.

Li vd.,(2020), ‘Electrochemical Reduction Of İndigo By Combination Of Sodium Borohydride And Copper Salt ’adlı çalışmasının amacı, sodyum bor hidrürün indigoyu oda sıcaklığında indirgemedeki performansını artırmaktır. Boyanmış kumaş numunesinin K/S değerine göre, katolit içindeki bakır iyonu için daha uygun bir ligand bulunmuştur. Sodyum bor hidrür konsantrasyonu, sodyum hidroksit konsantrasyonu ve bakır sülfat pentahidrat konsantrasyonunun boyarmadde çözeltisinin indirgeme potansiyeli ve boyalı kumaş numunelerinin K/S değeri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yüzey analizi testleri yapılmıştır. Sodyum glukonatın katolit içindeki bakır iyonları için daha uygun bir ligand olduğu bulunmuştur. NaOH konsantrasyonunun yanı sıra NaBH₄ ve NaOH etkileşiminin katolitin indirgenme potansiyeli ve boyalı kumaş numunelerinin K/S değeri üzerindeki etkileri önemli görülmüştür. NaBH₄, NaOH ve CuSO₄·5H₂O'nun optimum konsantrasyonları 0,5, 2,5 ve 0,65 g/L. Optimize edilmiş durumda indirgeme potansiyeli 968 ve K/S değeri 11,92'dir; bu değer hidrosülfitle yapılan geleneksel indirgeme işlemiyle karşılaştırılmıştır.

Özkarademir vd., (2019), ‘Bor Esaslı İndirgeme Ajanının İndigo Boyama Prosesinde Emdirme Yöntemiyle Uygulanması ’adlı çalışmalarında sodyum bor hidrürün indigo boyama aşamalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. İndigo boyama işleminde sodyum hidrosülfid ve sodyum bor hidrür indirgen kimyasal olarak kullanılmış ve hazırlanan çözelti emdirme yöntemiyle pamuklu kumaşlara aplike edilmiştir. Sonuç olarak indigonun indirgenmesi işleminde sodyum hidrosülfid ile birlikte sodyum bor hidrürün kullanımı renk koyuluğu ve renk verimliliği sağlamıştır. Sodyum bor hidrür ile birlikte sodyum hidrosülfidin kullanıldığı 3 numaralı kumaşta ölçülen renk değerlerine göre (%STR-SUM) yaklaşık olarak %13 koyuluk ve renk kuvveti değeri olan K/S için ise yaklaşık %6’ lık bir artış sağlanmıştır. Kumaş haslıkları için yapılan testlerde değişiklik olmadığı tespit edilmiştir.

Açar (2022), ‘Dispers Boyanmış Poliester Örme Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testleri Sonuçlarının Renk Ölçümleri ile Araştırılması ’adlı çalışmada aynı iplik cinsi ile örülen üç farklı gramajdaki poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanması ve ardından uygulanan ardışık haslık testlerinin kumaş üzerinde meydana getirdiği renk değişimi araştırılmıştır. Deneysel çalışmada üç farklı molekül boyutunda olan dispers boyarmaddeler ile boyama parametreleri sabit tutulup her molekül boyutundaki boyarmadde için üç farklı konsantrasyon da boyama deneyleri yapılmıştır. Boyanan numunelere redüktif yıkama işlemi yapılmış kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra kuruyan numunelerin renk ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler standart olarak kabul edilmiştir. Bu işlemleri numunelere yıkama, ütöleme, ışık haslığı testleri ardışık olarak

yapılmıştır. Haslık testlerinin ardından numunelerin tekrar renk değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar grafikler ile gösterilmiş ve poliester kumaşların farklı molekül boyutundaki dispers boyarmaddeler ile boyanmaları sonrasında uygulanan farklı haslık testlerinin renk değerlerini ne derece etkilediği incelenmiştir. Çalışmaların sonucunda, boyanan numunelerin renk ve renk farkı özelliklerinin birim ağırlıklara bağlı değişiklik gösterdiği, renk değerleri üzerinde ışık haslığı testinin en iyi etkiyi yaptığı görülmüştür. Küçük moleküllü boyarmaddenin haslık testlerinden en az etkilendiği ve ardışık haslık testi uygulamalarında en uygun boyarmadde olduğu tespit edilmiştir.

Xu vd., (2016), 'An Environmentally Responsible Polyester Dyeing Technology Using Liquid Paraffin 'adlı çalışmada kimyasal tüketiminin azaltılmasını sağlamak ve su kullanımını ortadan kaldırmak için polietilen tereftalat kumaşlar için bir solvent boyama teknolojisi geliştirilmiştir. 110 organik çözücünden oluşan bir koleksiyondan optimum boyama ortamı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen çözücü boyama yöntemi, geleneksel sulu boyamaya göre üç avantaj sunmuştur: Su ve yardımcı maddeler kullanmadan yüksek kalitede boyanmış ürünler, ek indirgeme temizliği olmadan yüzey oligomerlerinin etkili bir şekilde indirgenmesi ve kullanılmış boya likörlerinin kolaylıkla yeniden kullanılması. Sonuç olarak, geleneksel sulu prosese kıyasla olumsuz çevresel etkiler en aza indirilmiştir. Kimyasallardan ve sudan önemli ölçüde tasarruf sağlanmıştır. 7 döngülü bir yeniden kullanım dizisinin sonucu, boyalı kumaşların mükemmel renk tutarlılığını göstermiştir. Bu çalışmada geliştirilen solvent boyama prosesi, atıkların azaltılması, kaynakların yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi prensibini uygulayarak kimyasal tüketimini etkili bir şekilde azaltmakta ve su kullanımını ortadan kaldırmıştır. Geleneksel sulu boyama yöntemi ile karşılaştırıldığında, solvent boyama, kısıtlı tatlı su kaynaklarının korunması ve tekstil endüstrisinin sürdürülebilirliği için alternatif teknolojidendir.

Büyükakıncı ve Sökmen., (2016), 'Effect Of Sodium Borohydride On Microwave Assisted Reductive Cleaning Of Dyed Polyester Fabrics 'adlı çalışmada, poliester kumaşlar dispers boyarmaddelerle boyandıktan sonra, hidrosülfite ve sodyum bor hidrür olmak üzere iki farklı indirgeme maddesi ve iki farklı yöntem (konvansiyonel yöntem ve mikrodalga ışınlama) kullanılarak indirgeyici temizleme işlemi uygulanmıştır. CIELab değerleri ve boyanmış numunelerin yıkama haslığı özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. NaBH_4 kullanılarak temizlenen numunelerin K/S değerlerinin $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ kullanılanlara göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. NaBH_4 'ün mikrodalga enerjisi ile kombine kullanımı

sonucunda maliyet, enerji tüketimi, zaman ve kimyasal tasarruf açısından avantajlı olduğu görülmüştür.

Doba Kadem ve Gülşen., (2014), 'Polyester Esaslı Kumaşlara Boya Banyosuna İlave Edilen Borlu Kimyasallarla Güç Tutuşurluk Özelliği Kazandırılması Üzerine Bir Araştırma' adlı çalışmanın amacı, %100 poliestere esaslı kumaşlara boyama işlemi esnasında flote içine ilave edilen bor esaslı kimyasallar yardımıyla güç tutuşurluk özelliği kazandırılmasıdır. Ön terbiyesi yapılmış boyanmamış %100 poliestere esaslı dokuma kumaşlar farklı oranlardaki bor içeren boyarmadde flotteleri ile boyama prosesine tabi tutulmuştur. Numuneler, kumaş ağırlığına göre %5, %10 ve %15 oranlarında borik asit ve boraks dekahidrat kimyasalları ile hazırlanan solüsyonlar içerisinde HT boyama prensibine göre boyanmıştır. Numunelerin güç tutuşurluk LOİ tayini ile yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Sonuçlara genel olarak bakıldığında, poliesterin hidrofobik yapısı nedeniyle hazırlanan boyarmadde flottesinde güç tutuşurluk kimyasallarının iyi tutunamadığı düşünülmüştür. Daha iyi sonuç sağlayabileceği düşünülen bir başka araştırma çalışması ile poliesterin yüzey yapısını hidrofilileştirecek başka uygulamalarla çalışmanın tekrarlanması hedeflenmiştir.

Ul Aleem (2013), 'An Investigation of Alternatives to Reductive Clearing in the Dyeing of Polyester' adlı çalışmada, alkali koşullar altında sulu hidrosülfite kullanılarak yapılan geleneksel indirgeme temizlemesinin, bir dizi seçilmiş ticari dispers boya ile boyanmış poliesterin renk ve haslık özellikleri üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmada, formamidin sülfonik asit, hidroksiaseton ve glukoz olmak üzere üç organik indirgeyici madde ve ayrıca basit bir deterjanla yıkama prosedürü kullanılarak daha önce bildirilen bir yöntem kullanılmıştır. Bu çalışma, organik indirgeyici maddelerin yanı sıra, poliesterin indirgenerek temizlenmesinde enzimlerin ve elektrokimyasal yöntemlerin kullanımına ilişkin araştırmaları da sunmuştur. Haslık ve renk özellikleri üzerindeki etkisi, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve artık işlem sıvılarının kimyasal oksijen ihtiyacı açısından alternatif işlemlerin değerleri tartışılmıştır. Uygulama koşulları altında indirgeyici maddelerin redoks potansiyeli değerleri de karşılaştırılmıştır. Boyalı numunelerin indirgeme temizlemesinden önce ve sonra taramalı elektron mikroskopik incelemeleri gözlemlerle niteliksel olarak tutarlıdır. Temizleme işleminin sonucu, kullanılan özel boyarmaddeye göre değişmiştir. Boyarmaddelerin moleküler yapılarının belirli özellikleriyle ilişkili olarak temizleme süreçleri için önerilen mekanizmalara dayalı açıklamalar önerilmiştir.

Eren vd., (2013), 'Substitution of Reduction Clearing Step by Ozone Treatment at Disperse Dyeing of Polyester' adlı çalışmada, ozon işleminin dispers boyalı poli(etilen

tereftalat) elyaflarının son temizliğinde etkinliği incelenmiştir. Bunun için iki tip dispers boyalı poli(etilen tereftalat) numunesi seçilmiştir. Numuneler, redüksiyon temizleme prosedürü ile temizlenmiştir. Ayrıca laboratuvarında ozon işlemi uygulanarak temizlenmiş numuneler de incelenmiştir. Yapılan karşılaştırmalı analiz sonucunda, ozon işlemi uygulanan numunelerin renk ve yıkama haslığı özelliklerinin redüksiyon temizlemeli numunelere benzer sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Ozon işlemi özellikle siyah boyalı numuneler için %7,0 renk derinliğinde daha başarılı olmuştur. Ozon işlemi, kimyasal eklemeksizin soğuk suda kısa sürede uygulanabilen bir temizleme yöntemi olup enerji, kimyasal ve çevresel açıdan avantajlar sağlamıştır.

Balcı (2011), 'Poliester Esaslı Örme Kumaşların Redüktif Yıkama İçin Yeni Yaklaşımlar' adlı çalışmasında indirgen yıkama işlemlerinde farklı yaklaşımlar getirilmeye çalışılmıştır. Öncelikle, farklı özellikteki üç indirgen yıkama maddesi ile alkali indirgen yıkama yapılmıştır. Daha sonra alternatif olarak aynı yıkama maddeleri kullanılarak asidik ortamda, banyo boşaltmadan indirgen yıkama denenmiştir. Çalışma bitiminde tüm numunelerin renk ölçümleri ve farklı haslık performansları ölçülmüştür. Sonuçlara bakıldığında, özellikle yıkama maddesi cinsi ve çalışma şartlarına bağlı olarak asidik yıkamanın, alkali ile benzer performans sonuçları verdiği görülmüş ve dispers boyama ardına temizleme için kullanılabilir bir proses olabileceğine varılmıştır. Bu bulgulara dayanılarak, asidik indirgen yıkamanın, klasik uygulamalara yeni bir yaklaşım sonucuna ulaşılmıştır.

Akyurt (2011), 'Boyalı Kumaşların Soldurulmasında Sodyum Bor hidrür Kullanım Şartlarının İncelenmesi' adlı tez çalışmasında, boyalı kumaşlarının soldurulmasında sodyum bor hidrür kimyasalının en optimum kullanım şartlarını belirlemek hedeflenmiştir. Çalışmaya Pamuk/Elastan karışımı dokuma kumaşı farklı renkte ve yapıda reaktif boyarmaddelerle pad-batch yöntemi ile boyayarak başlanılmıştır. Seçilen reaktif boyarmadde yapıları antrakinon, fitalosiyenin ve formazan esaslıdır. Boyarmaddelerin soldurulmasında, ticari olarak kullanılan yöntemlere alternatif olarak daha etkili olacağı düşünülen sodyum bor hidrür kimyasalı ile farklı konsantrasyon, sıcaklık ve sürelerde denemeler yapılmıştır. Ayrıca karşılaştırma yapmak için konvansiyonel indirgeme ajanları olarak kullanılan sodyum hidrosülfid ve tiyoüredioksit ile de soldurma çalışması yapılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen numunelerin spektrofotometrede ölçülen renk değerleri ve ekstansiyometre cihazında ölçülen elastikiyet değerleri incelenmiş ve yöntemler kıyaslanmıştır.

Avinc (2011), 'Maximizing The Wash Fastness Of Dyed Poly(Lactic Acid) Fabrics By Adjusting The Amount Of Air During Conventional Reduction Clearing 'adlı çalışmasında, alkali indirgeme-temizleme işleminin yıkama haslığı özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Alkaliye duyarlı ve alkaliye dayanıklı dispers boyarmaddelerle boyanmış poli(laktik asit) kumaşlar kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, kapalı indirgeme-temizleme ekipmanında daha düşük hava içeriği ve daha fazla miktarda hidrosülfid kullanılması, daha iyi yıkama haslığı değerlerine yol açmıştır. Ayrıca, daha yüksek likör oranları da daha yüksek yıkama haslığı seviyeleri ile sonuçlanmıştır. Ancak, yıkama haslığındaki iyileşme, dispers boyarmaddenin alkali duyarlılığı, sodyum ditiyonit konsantrasyonu, flotte oranı ve hava miktarının bir kombinasyonuna bağlıdır. Alkali indirgeme-temizleme işlemi sırasında polimer bozulması meydana gelmemiştir. Poli(laktik asit) kumaşlar, temizleme işleminden sonra renk veriminde hafif bir düşüşe neden olduysa da, daha yüksek kroma, açıklığa ve parlaklığa sahip olmuştur.

Burkinshaw ve Kumar, (2008), 'The Reduction Clearing Of Dyed Polyester 'adlı çalışmasında dispers boyarmaddelerle boyanmış poliester için alternatif bir boyama sonrası yıkama yöntemi geliştirilmiştir. Redüksiyon temizleme işlemi, boyamanın tonunu değiştirmeden fazla boyarmaddeyi ve boyama yardımcılarını indirgeme yoluyla gidermek için tasarlanmıştır. Boyama işleminden sonra kumaşlar ılık suda durulanmış ve indirgenmiştir. 20:1 flotte oranı kullanılarak 15 dakika boyunca 60°C'de temizlenmiştir. İndirgenerek temizlenen boya önce ılık suda, sonra soğuk akan suda durulanmış ve ardından oda sıcaklığında kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, geleneksel yıkanmış numunelerin renk şiddetinin indirgeme temizlenmiş numunelerden biraz daha düşük olduğunu, ancak yıkanmış ve indirgeme temizlenmiş boyarmaddelerin arasında bir fark olmadığını; ayrıca, indirgeme temizlenmiş ve yıkanmış boyarmaddelerin renk tonu ve kroması arasında çok az fark olduğunu göstermiştir.

Yılmazok (2008), 'Poliester Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testlerinin Renk Değerleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması 'adlı çalışmasında, poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanmasından sonra yapılan ardışık haslık testlerinin kumaş renkteki etkileri araştırılmıştır. Deneme çalışmalarında üç değişik yapıda dispers boyarmaddeler ile boyama denemeleri yapılmıştır. Denemelerde poliester boyama parametreleri ile, farklı molekül boyutundaki boyarmadde için farklı konsantrasyonlarda renk değişimleri ölçülmüştür. Ölçümler yapılırken boyarmadde üreticisi tarafından önerilen proses ile yapılmış boyamalar standart olarak kabul edilmiştir. Boyamaların ardından

kumaşlara sırasıyla yıkama haslığı, ütöleme haslığı ve ışık haslığı testleri uygulanmış ve testlerin renk değerleri üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Bulunan sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde gösterilmiştir. Sonuçlarda, poliester kumaşlara farklı yapıdaki dispers boyarmaddelerle yapılan boyamalar sonrasında, art arda uygulanan haslık testleri ile kumaştaki renklerin ne şekilde değiştiği incelenmiştir.

Meksi vd., (2007), ‘Cotton Dyeing By İndigo With The Borohydride Process: Effect Of Some Experimental Conditions On İndigo Reduction And Dyeing Quality ’adlı makalede, indigonun bir katalizör varlığında ve alkali ilavesi olmadan sodyum bor hidrür ile indirgenmesi için yeni bir teknik geliştirilmiştir. Bu indirgeme 40°C ve 70°C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. Banyodaki löko-indigo konsantrasyonunu belirlemek için potansiyometrik bir titrasyon prosedürü oluşturulmuştur. Bazı ana reaksiyon parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Bu çalışma, maksimum indigo indirgeme veriminin %1 katalizör miktarı ile 55°C’de gerçekleştiğini göstermiştir. Pamuklu bir kumaşın boyama çalışması, indirgeme reaksiyonu ile aynı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Bu boyamanın performansını incelemek için “6-dip-6-nip” tekniği kullanılmıştır. Boyama sonuçları 660 nm’de renk verimi (K/S) ölçülerek değerlendirilmiştir. En iyi sonuçlar 40°C sıcaklıkta ve %1 katalizör miktarı ile elde edilmiştir.

Balcı (2007), ‘Investigation of the Stripping Process of the Reactive Dyes Using Organic Sulphur Reducing Agents in Alkali Condition ’adlı çalışmasında, farklı indirgeyici maddeler ve çalışma parametreleri ile oluşturulan farklı reçeteler kullanılarak reaktif boyaların söküm uygulaması araştırılmıştır. Hidrosülfitin çeşitli dezavantajları nedeniyle iki çeşit tiyoüreadioksit kullanılarak alternatif söküm yöntemleri geliştirmeye çalışılmıştır. Ön işlem görmüş dokuma kumaşlar, çektirme yöntemi ile beş ticari reaktif boyarmadde kullanılarak %0.25, %1, %4 konsantrasyon oranlarında boyanmıştır. Toplamda 180 numune boyanmıştır. Daha sonra bu numuneler alternatif reçeteler kullanılarak sökülmetedir. Söküm işlemlerinin verimliliğini incelemek için, ön işlem görmüş, boyanmış ve sökülmüş numunelerin kolorimetrik değerleri (L^* , ΔL , ΔE) ticari spektrofotometre ve uluslararası ölçüm yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Bu deneysel sonuçlar $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ölçülen ve hesaplanan spektral sonuçlara göre, hidrosülfite yerine tiyoüreadioksit kullanarak alternatif yöntem bulunmuştur. ANOVA açısından, sadece kostik konsantrasyonunun söküm verimliliğinde önemli bir değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir.

Paydak (2006), 'Dispers Boyama Reçetelerinin İşlem Koşullarına Olan Renk Hassasiyetlerinin Araştırılması' adlı tez çalışmasında, poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanmasında değişen işlem koşullarının renk hassasiyeti ve yıkama haslıkları üzerine etkilerini araştırmıştır. Deneysel çalışma iki kısımdan oluşmuştur. İlk çalışmada üç değişik enerji seviyesindeki dispers boyarmaddeler ile boyama deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden boyama sıcaklığı, boyama süresi ve flotte oranında değişiklikler yapılarak, üç farklı konsantrasyonda renk farklılıkları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar matematiksel bir formülasyon ile renk hassasiyetine dönüştürülmüş, bu sonuçlar tablolar ve grafikler şeklinde gösterilmiştir. İkinci çalışmada ise piyasada çok sık kullanılan siyah dispers boyarmaddeler deneysel çalışma yapılmış ve bu kumaşların yıkama haslıkları incelenmiştir. Bu deneylerde poliester boyama parametrelerinden, boyama sıcaklığı, boyama süresi ve boyarmadde konsantrasyonu değiştirilerek boyama deneyleri yapılmıştır. Boyama işlemi sonunda kumaşların yıkama haslıkları ölçülmüş. Elde edilen sonuçlarla, poliesterin optimum boyama şartlarından bir veya daha fazlasının değişmesiyle, renk hassasiyetinin, ne şekilde etkilendiği incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, poliester kumaşların dispers boyarmaddelerle boyanmasında istenilen renk hassasiyetine göre, seçilecek reçete ve boyamanın işlem koşulları önceden tahmin edilmesi konusunda yardımcı olacaktır.

Ugur (2004), 'Polyesterin Dispers Boyarmaddelerle Boyama Yöntemlerinin Karşılaştırılması' adlı çalışmasında, %100 poliester kumaşların dispers boyarmaddeler ile boyama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen farklılıkların tespiti amaçlanmıştır. HT, Carrier, Termosol boyama yöntemleri ve son yıllarda poliester liflerinin alkali ortamda boyanabilirliği üzerine yapılan araştırmalar dikkate alınarak, HT-Alkali boyama yöntemi ile boyama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, farklı yapılarıdaki dispers boyarmaddeler ile iki farklı %100 poliester kumaş, HT-Asidik, HT-Alkali, Carrier ve Termosol boyama yöntemlerine göre boyamaları yapılmış. Farklı iki carrier ile boyama denemeleri yapılmıştır. Çalışmada uygulanan boyama yöntemleri, ter haslığı, ılık haslığı, yıkama haslığı, sürtünme haslığı renk haslıkları açısından karşılaştırılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Balcı (2004), 'Tekstil Terbiyesinde Yeniden Değerlendirme Yöntemlerinin Uygulanması ve Bu Yöntemlerin Kumaş Performansına Olan Etkilerinin İncelenmesi' adlı çalışmasında tekstil terbiye prosesi, kalite kontrol, hatalı ürünleri düzeltme konuları hakkında bilgilendirilmiş ve bu konuda deneme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda

hatalı ürünleri düzeltme prosesinin kimyasal performansta olumlu etki gösterirken fiziksel performansta olumsuz etki göstermiştir. Renk sökümünün kumaşın boyanma şiddetine göre değiştiği tespit edilmiştir. Haslık testlerinde referansa göre iyileşmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda Sodyum ditiyonite alternatif kimyasal ve yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

Tezin amacı, ticari olarak kullanılan yıkama maddelerinin çevreye verdiği zararı azaltmak için daha çevreci ve sürdürülebilir yıkama kimyasalı geliştirilmiştir. Ayrıca tez kapsamında karakterize edilen bu kimyasal ile proses geliştirme faaliyetleri yürütülmüştür. Tez çalışmasında, laboratuvar tipi boyama makinesinde çektirme yöntemiyle, farklı dispers boyarmaddelerle boyama, farklı sıcaklıklarda ve farklı pH değerinde yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemlerinde, dispersantör kullanılarak da yıkamalar tekrar edilmiştir. Ticari ürünlerle de yıkamalar yapıp karşılaştırmalar yapılmıştır, test sonuçları irdelenmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Poliester kumaş

Tez kapsamında yapılan denemelerde %100 poliester örgü kumaş kullanılmıştır. Seçilen numune kumaşın bazı yapısal özellikleri Çizelge 3.1 'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Seçilen numune örgü kumaşın yapı özellikleri

Özellikler	
Gramaj (gr/m ²)	105
Beyazlık Derecesi (WI)	83.79
Örgü Tipi	Süprem
İlmek Sıklığı (ilmek/cm)	11
Sıra Sıklığı (ilmek/cm)	14
İlmek Yoğunluğu(ilmek/cm ²)	154

3.1.2. Dispers boyarmaddeler

Çalışmada Setaş firmasının molekül boyutları küçük olan dispers boyarmaddeleri kullanılmıştır. Küçük moleküllü mavi boyarmadde olarak Setapers Blue FBL-N, küçük moleküllü kırmızı boyarmadde olarak Setapers Red E3BN kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan dispers boyarmaddelerin kimyasal yapıları, Color Index numaraları, molekül formülleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Seçilen dispers boyarmaddeler ve yapıları

Boyarmadde Adı	CI Numara	Molekül Formülü	Kimyasal Yapısı
Setapers Blue FBL-N (Küçük molekülü)	Dispers Blue 56	$C_{15}H_{13}BrN_2O_4$	
Setapers Red E3BN (Küçük molekülü)	Dispers Red 60	$C_{20}H_{13}NO_4$	

3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler

Tez çalışmasında poliester kumaşın boyanmasında, redüktif yıkamasında ve renk haslığı testlerinin yapılmasında kullanılan kimyasallar Çizelge 3. 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan kimyasallar ve yapıları

Kimyasalın Ticari Adı	Görevi	Kimyasal Yapı/Formülü
VESTP (Veskim)	İndirgen yıkama maddesi	Anorganik Kimyasal Türlerin Karışımı
Enzimsard (Enzimsan Kimya)	İndirgen yıkama maddesi	İnorganik Tuzların Karışımı
Nanoredüktan (Molcem Nano Kimya)	İndirgen yıkama maddesi	Organik Kükürt Bileşiği
Potasyum Bor Hidrür	İndirgen yıkama maddesi	Bor esaslı
pH Tamponlayıcı	pH dengeleyici	Asidik
Dispergator	Homojen dağılımı sağlamak	Aromatik ester ve emülgatörler karışımıdır
L-Histidine Monohydro-Chlorid Monohydrat	Tere karşı renk haslığı test kimyasalı	$C_6H_{10}ClN_3O_2 \cdot H_2O$
Sodyum Klorür	Tere karşı renk haslığı test kimyasalı	NaCl
Sodyum Hidroksit	Tere karşı renk haslığı test kimyasalı	NaOH
Sodyum Dihidrofosfat dihidrat (Asidik)	Tere karşı renk haslığı test kimyasalı	$H_5Na_2O_6P$
Disodyum Hidrofosfat Dihidrat (Bazik)	Tere karşı renk haslığı test kimyasalı	Na_2HPO_4
Ece Phosphate Reference Detergent B	Yıkamaya karşı renk haslığı test kimyasalı	-
Sodyum Perborat	Yıkamaya karşı renk haslığı test kimyasalı	$NaBO_3 \cdot nH_2O$
Hidrosülfid	İndirgen yıkama maddesi	$Na_2S_2O_4$

Çalışma kapsamında sentezlenen alternatif ürün ile kıyaslama amacıyla 3 ticari ürün de kullanılmıştır. Ürünlerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Ves TP 0849 (Veskim); Asidik redüktif yıkama maddesi olarak tanımlanan Ves TP 0849, anorganik kimyasal türlerin karışımıdır. Beyaz toz halinde, suda çözünür ve pH değeri 10 olarak belirlenmiştir. Özellikle pamuk/poliester boyama işlemi sonucunda tekstil materyalinin yıkama haslıklarını iyileştirmek için kullanıldığı belirtilmiştir. 120 °C'ye kadar etkinliğini kaybetmediği ifade edilmektedir (Veskim Prospektüs, 2024).

Enzimsard (Enzimsan Tekstil ve Kimya Ltd.); Yapısında inorganik tuzların olduğu ifade edilmektedir. Beyaz toz halinde nanyonik bir bileşiktir. Tekstilde özel haslık yıkama maddesi olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Güçlü temizleme özelliğinin yanında viskon ve tencel kumaşlarda direk söküm özelliği bulunduğu ifade edilmiştir (Enzimsard Prospektüs, 2024).

Nanoredüktan (Molcem Nano Kimya); Yüksüz organik kükürt bileşiği olarak belirtilmiştir. Kullanım alanı olarak; dispers boyama ve baskıdan sonra redüktif yıkamalarda, indirgen kasar işlemlerinde indirgen madde olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Bunun yanında dispers boyalı ürünlerin %100 PES soldurma işleminde kullanıldığı da belirtilmiştir. Beyaz toz halinde ve %10'luk çözeltisinin pH değeri 3-5 olarak belirlenmiştir (Nanoredüktan Prospektüs, 2024).

3.1.3.1.Potasyum bor hidrür (KBH₄)

Bor mineralleri, Türkiye için önemli stratejik öneme sahip doğal kaynaktır ve Dünya bor rezervlerinin %70'inden fazlası Türkiye'de bulunmaktadır. Bor, periyodik tabloda B simgesiyle yer almaktadır. Yarı iletken özellik göstermektedir. Doğada serbest olarak bulunmaz, ancak amorf ve kristal formlarda elde edilmektedir. Bor; cam, porselen, seramik, temizleme ve beyazlatma sanayi, alev geciktiriciler, bor fiberleri, uzay ve havacılık, sağlık, inşaat, tarım, metalürji, nükleer enerji, tekstil, gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Dal, 2021).

Tekstil sektöründe kullanım alanları şu şekildedir;

Altınok (2024), 'Antibakteriyel Bor Bileşiklerinin Tekstil Ürünlerine Uygulanabilirliği 'adlı çalışmada antibakteriyel kumaş elde etmek için bor bileşiklerini kullanılmıştır. Artan nüfus ve yaygın hastalıklarla birlikte, insanlar kıyafetlerinin de antibakteriyel özellik taşımasını beklemektedir. Gümüş bazlı ürünler bu amaçla

kullanılmıştır. Fakat ağır metal olması nedeniyle farklı alternatifler araştırılmıştır. Bor bileşikleri ise, antibakteriyel özellik kazandıran etkili bir alternatif olarak öne çıkmıştır.

Özkarademir vd., (2019) , ‘Bor Esaslı İndirgeme Ajanının İndigo Boyama Prosesinde Emdirme Yöntemiyle Uygulanması ’adlı çalışmasında bor türünden indirgeme maddesinin indigo boyama sürecinde emdirme yöntemiyle kullanılmıştır. %100 pamuklu örme kumaşa indigo boyama işlemi esnasında sodyum bor hidrür kullanılmış ve bu kullanımın boyarmadde alımını artırdığı, iyi renk verimliliği sağladığı ve haslıklarda iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

Buyukakinci ve Sokmen, (2017), ‘Investigation of Indigo Dyeing Using Sodium Borohydride As Reducing Agent’ adlı çalışmasında sodyum bor hidrür kullanarak indigo boyama süreci incelenmiştir. İndigo, özellikle pamuklu kumaşların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, sodyum hidrosülfür gibi indirgeme ajanları çevreye zararlı atıklar bırakmaktadır. Ayrıca renk tutma özellikleri sınırlıdır. Bu çalışmada, sodyum hidrosülfür yerine sodyum bor hidrür (NaBH_4) kullanılarak, pamuklu kumaşların indigo ile boyanmasında ekolojik açıdan daha iyi bir yöntem olarak görülmüştür. Sonuçlar, NaBH_4 kullanıldığında renk verimi ve dayanıklılığın iyileştiğini göstermiştir.

Yılmaz (2015), ‘Sodyum Bor hidrür’ün Tekstil Terbiye İşlemlerinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması ’adlı çalışmasında sodyum bor hidrürün tekstil terbiye işlemlerinde kullanım olanaklarını araştırmıştır. Sodyum bor hidrür (NaBH_4), tekstil terbiye sektöründe çeşitli uygulamalara sahip önemli bir bileşiktir. Poliamid ve protein yapılı liflerin ağartılmasında, poliester ve poliester karışımlarının boyama ve baskı sonrası indirgen yıkamasında, küp ve kükürt boyarmaddelerle boyama ve baskı işlemlerinde, hatalı boyamaların soldurulmasında, boyama makinelerinin temizlenmesinde ve atık sularda renk giderimi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Doba Kadem ve Gülşen, (2014), ‘Polyester Esaslı Kumaşlara Boya Banyosuna İlave Edilen Borlu Kimyasallarla Güç Tutuşurluk Özelliği Kazandırılması Üzerine Bir Araştırma ’adlı çalışmada güç tutuşurluk özelliği kazandırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, %100 poliester dokuma kumaşlar, borik asit ve boraks dekahidrat içeren boya flotteleriyle farklı oranlarda (%5, %10, %15) boyanmıştır. Boyama işlemi, HT prensibine göre gerçekleştirilmiştir. Boyanan kumaşların tutuşma özellikleri, sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) testi ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Akyurt (2011), 'Boyalı Kumaşların Soldurulmasında Sodyum Bor hidrür Kullanım Şartlarının İncelenmesi 'adlı tez çalışmasında hatalı kumaşların soldurulmasında sodyum bor hidrür kullanımının etkinliği araştırılmıştır. Deneylerde sodyum bor hidrür konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve işlem süresi vb. faktörler değiştirilerek en uygun soldurma koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Kumaşların renk ölçümleri ile uzama ve kalıcı uzama (%) değerleri ölçülerek soldurma efekti değerlendirilmiştir.

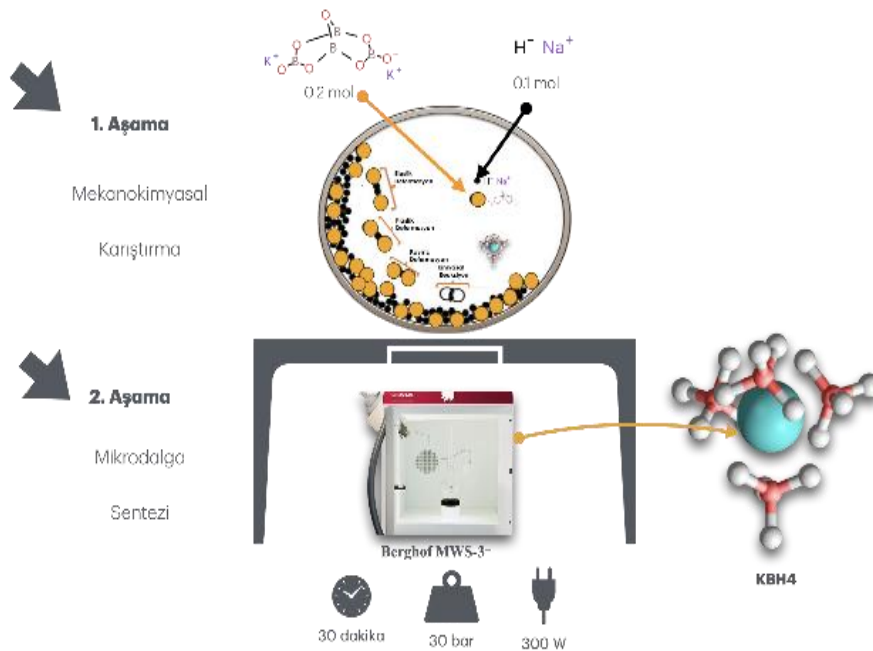
Akkaya (2011), 'Bor Minerallerinin Tekstil Terbiyesi Alanında Kullanım Olanaklarının Araştırılması 'adlı çalışmada bor minerallerinin tekstil terbiyesi alanında kullanım olanaklarının araştırılmıştır. Bor karbür, molekül ağırlığı küçük, ısıya karşı mukavemetli ve yarı iletken olup, oda sıcaklığında bilinen en rijit üçüncü malzemedir. Yüksek erime sıcaklığı, kimyasal direnç, termal kararlılık ve nötron emme özellikleri ile hafif vücut zırhı, uçak zırhı, aşınmaya dayanıklı malzemeler ve nötron dedektörleri gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır.

Sunguray (2010), 'Dispers Boyarmaddelerle Boyanmış Poliester Materyallerin Renk Haslık Özelliklerinin İyileştirilmesi 'adlı tez çalışmasında bor hidrür içeren indirgen yıkama maddeleriyle redüktif yıkama denemeleri yapılmıştır. Bu çalışmada, %100 poliester kumaşlar, çeşitli dispers boyarmaddelerle %3 renk şiddetinde boyanmış ve her bir mamul, hidrosülfid, tiyoüredioksit ve sodyum bor hidrür içeren Sera Con C-Bor indirgen maddeleriyle redüktif yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Renk ölçümleri reflektans spektrofotometresinde yapılmış, ayrıca yıkama haslıkları ve sürtünme haslıkları test edilmiştir. Redüktif yıkama sonrası sürtme haslıkları yüksek çıkarken, yıkama haslıkları 40°C'de yüksek, 60°C'de ise indirgen maddelerle yıkama yapılmamış kumaşlarda düşük olmuştur. Sodyum bor hidrürle yıkama yapılan kumaşlar, diğer indirgen maddelerle yıkama yapılanlara göre daha yüksek haslık değerleri göstermiştir.

Gülşen (2009), 'Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması 'adlı çalışmasında bor güç tutuşur kumaş üretiminde kullanılmıştır. Bor, yüksek ergime sıcaklığı 2300°C ve oksitlenme özellikleri sayesinde yanmaya karşı dayanıklıdır. Bu nedenle, bor ve bileşenleri, yanmayı önleyici maddelerde kullanılmıştır. Özellikle çinko borat ve amonyum florborat gibi ürünler, antimuan trioksit ile birlikte duman emilimini artırır ve ateşi hızlıca söndürmüştür. Borik asit ve boratlar, selülozik ürünleri ateşe karşı mukavemet kazandırmıştır. Suyu uzaklaştırarak kömürleşmiş yüzeyin üzerini kaplar ve yanmayı engellemiştir.

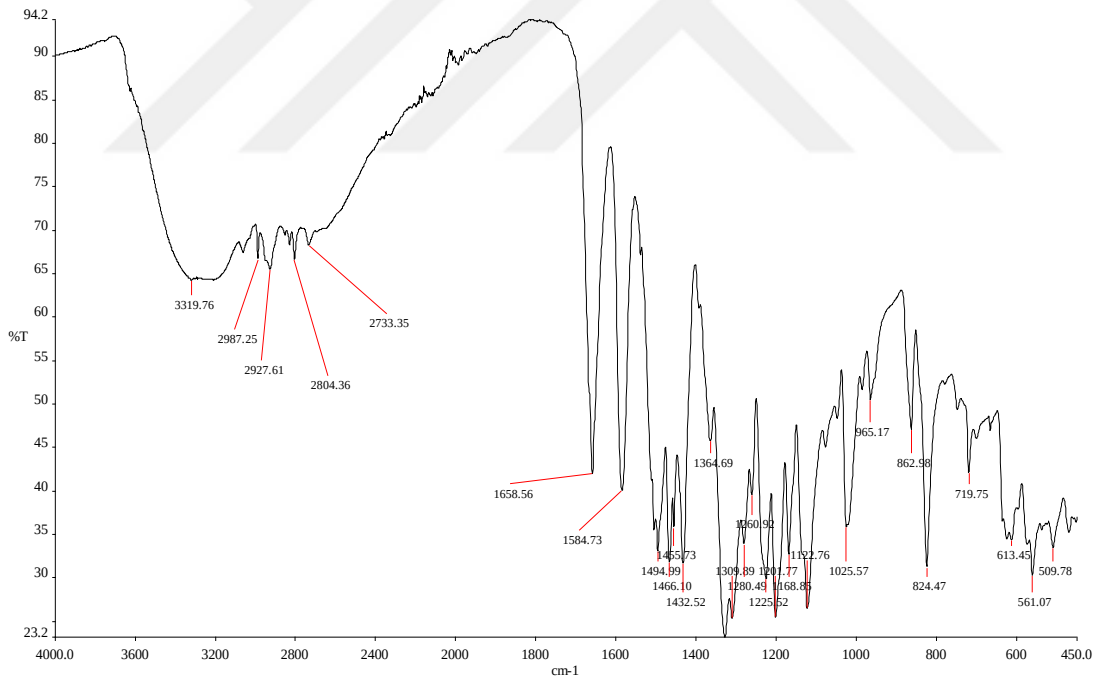
Literatür taramaları incelendiğinde, hidrosülfid, tiyodioksit ve bor bazlı indirgeyici maddelerinin redüktif yıkamada kullanıldığı görülmüştür. Fakat kullanılan bu kimyasallar fazla su kullanımı ve atık suya fazla miktarda sülfür ve sülfid atığı bırakma gibi problemleri vardır. Bu nedenle tez kapsamında alternatif ürün olarak, redüktif yıkamada kullanılmak üzere potasyum bor hidrür (KBH_4) sentezlenmiştir. Potasyum bor hidrür (KBH_4), kuru havada kararlı, uçucu olmayan beyaz kristal bir madde olup, tetrahedral yapısındaki bor hidrür iyonu (BH_4^-), BH_3 'ün H^- 'ye doğru Lewis asidi davranışıyla oluşmaktadır. KBH_4 , yüksek reaktivite ve hidrojen içeriği nedeniyle yakıt hücresi teknolojilerinde de kullanılmaktadır. Ayrıca, hidrokortizon, prednizon ve kortikosteroidlerin sentezinde etkili bir indirgeyici madde olarak öne çıkmaktadır. Potasyum bor hidrür daha önce tekstil alanında kullanılmamıştır. Bu yönüyle tez çalışması literatüre katkıda bulunmaktadır.

KBH_4 genellikle, NaBH_4 ve KOH arasındaki reaksiyonla elde edilirken, sodyum bor hidrür (NaBH_4) ise NaH ve metil boratın reaksiyonu ile sentezlenmiştir. Bu çalışma için Berghof MWS 3+ mikrodalga cihazı kullanılmıştır. 0,02 mol KBO_2 ve 0,1 mol MgH_2 , teflon hücrelere tartılarak yerleştirilmiş ve üzerine 5 ml asetonitril eklenmiştir. Mikrodalga cihazında 300 watt güç, 30 bar basınç ve 100°C sıcaklıkta 25 dakika boyunca reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Son olarak, numuneler hızla soğutulmuş ve oda sıcaklığında kurutulup toz haline getirilmiştir. Sentezlenen bu maddeye bazı testler yapılmıştır. Şekil 3.1. 'de KBH_4 sentez aşamaları gösterilmektedir.

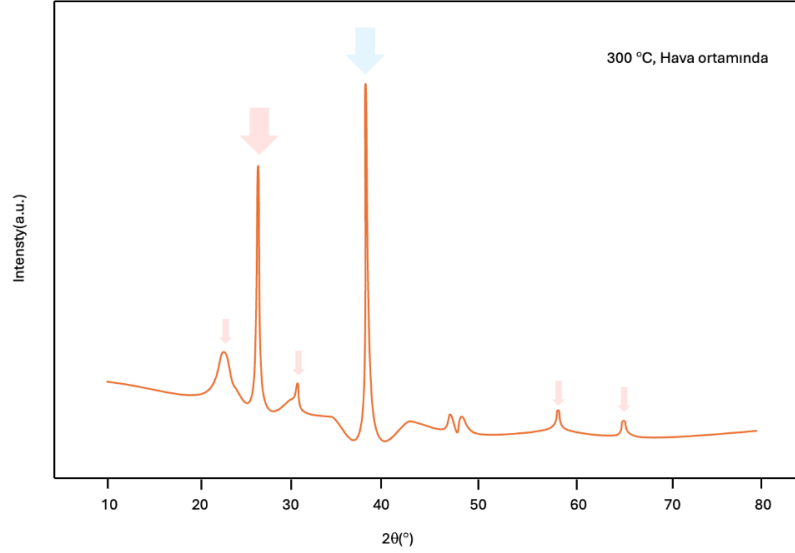
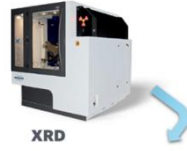


Şekil 3.1. KBH_4 sentez aşamaları (Ceyhan vd., 2024)

Yeni hidrür malzemenin, sentez aşamaları sırasında gerçekleşip gerçekleşmediğini kanıtlamak için analitiksel ve spektroskopik tekniklere başvurulmuştur. Bunun için ilk olarak, Perkin Elmer FTIR 400 cihazı kullanılarak potasyum bor hidrürün bağ yapıları spektroskopik olarak incelenmiştir ve Şekil 3.2 gösterilmiştir. Spektruma göre, tetrahedral bir sistem için, her ikisi de T₂ simetrisine sahip olan bir bükülme ve bir gerilme modu olmak üzere yalnızca iki IR aktif modu vardır. 1600-1400 cm⁻¹ civarında gözlemlenen tepe noktaları güçlü Fermi rezonanslarından kaynaklanmaktadır. Analiz edilen spektral bölge (tipik olarak 450-4000 cm⁻¹), BH₄ bükülmesine (1000-1500 cm⁻¹) ve B-H gerilme modlarına (2000-2500 cm⁻¹) karşılık gelmektedir. Elde edilen hidrür malzemelerin yapısal karakterizasyonu oldukça önemlidir. İnorganik bir bileşikte kristalinite saflığı göstermektedir. Sadece kristalin olan hidrür malzemenin Magnezyum Hidrür ile reaksiyonu sonucunda kristal yapısında meydana gelen değişimler, malzeme hakkında bize fikirler verir Şekil 3.3.'te bu gösterilmektedir. 30.5825 [°2 Th.]'deki şiddetli kristal piki, yapıda hidrür bağlarının olduğunu kanıtlar.



Şekil 3.2. KBH₄'e ait FTIR spektrumu (Ceyhan vd., 2024)

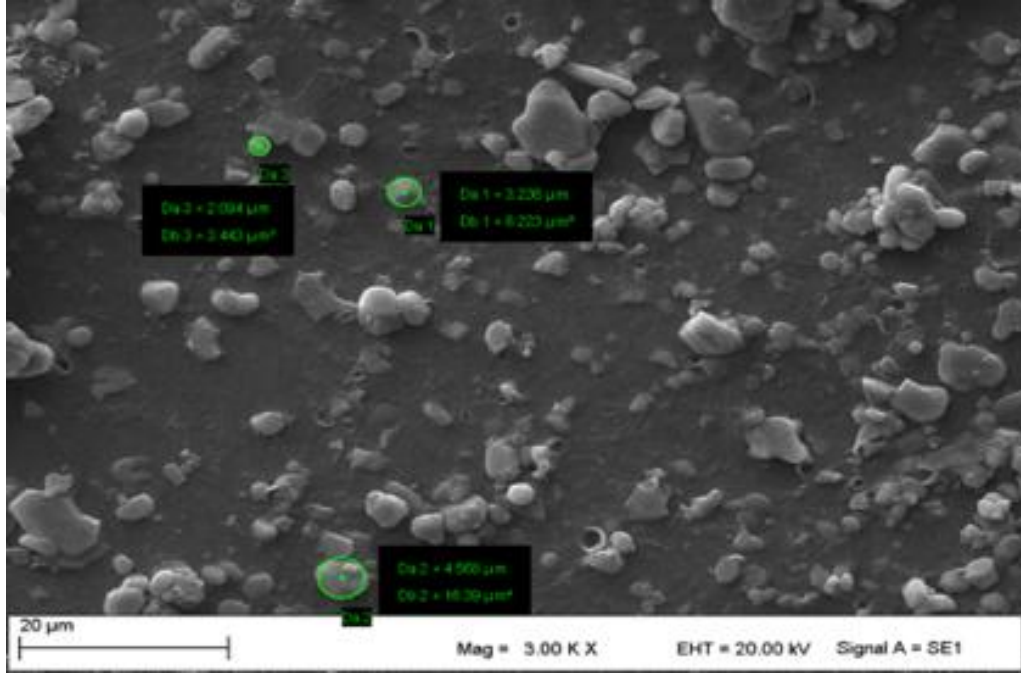


Şekil 3.3. KBH₄'e ait XRD deseni (Ceyhan vd., 2024)

Elde edilen hidrür materyallerin yüzey morfolojisini belirlemek için SEM/EDX analizi yapılmıştır. Nihai kullanımda; dispers boyarmaddenin renk gideriminde oldukça önem arz edecektir. Sentezlenen KBH₄ bileşiği yıkama işleminde farklı dispers boyarmaddelerin kromofor grupları ile etkileşime girerek moleküler yapılarındaki değişimler meydana gelecektir. Bu amaçla yıkama ve uzaklaştırma sonrasında bileşik üzerlerinde ve içlerindeki morfolojiyi araştırmak için kullanılmıştır. Tekrarlanan yıkama sonrasında boyarmaddelerin bozulmadan yüzeye yapışması ve oluşabilecek aglomerasyonların oluşumunun izlenmesi için önemlidir. Uyumlu bir yapı göstermek hidrür materyalinin oluşumu için oldukça önemlidir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3. 4.'de gösterilmiştir.



SEM/EDX

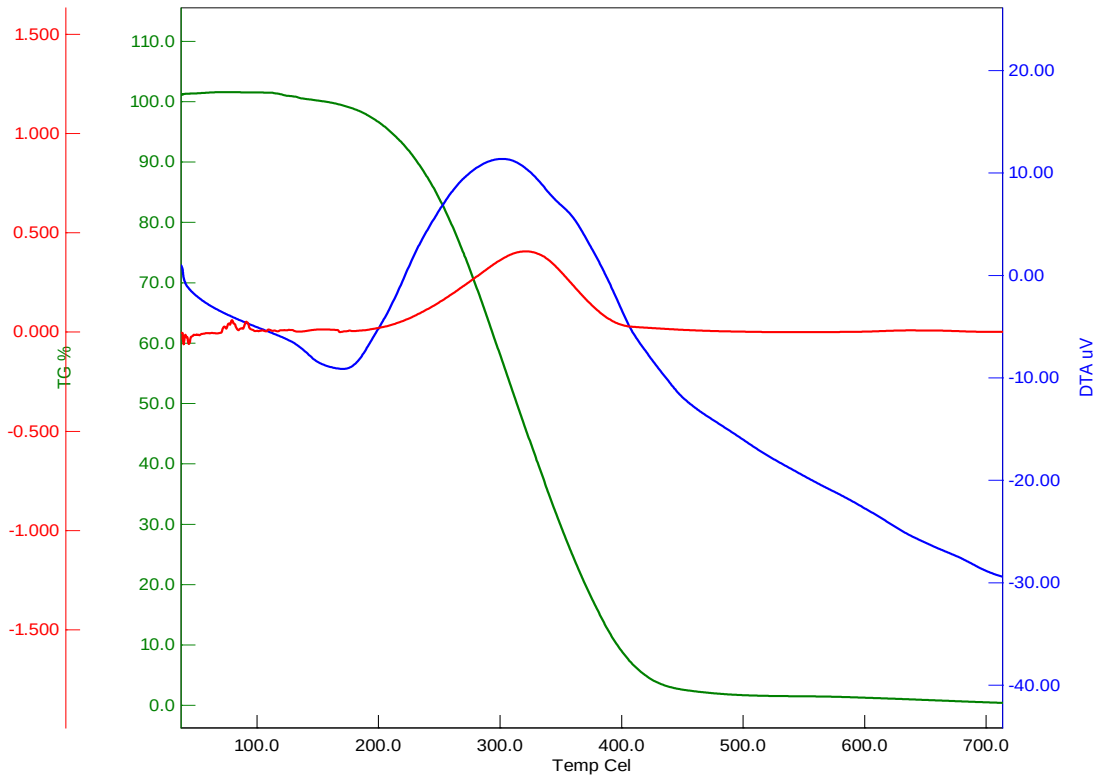


Şekil 3.4. KBH₄'e ait SEM görüntüleri (Ceyhan vd., 2024)

Termogravimetrik analiz (TGA/DTA), hidrür malzemelerin termal kararlılığını ve sıcaklığa karşı davranışlarını incelemek için kullanılmıştır. Genel olarak, ortam sıcaklığı aralığının yıkama ve boyarmadde çıkarma işlemleri sırasında malzemeyi bozmaması ve tekrarlanan kullanım sırasında yapısındaki kütle kayıplarının hesaplanması önemlidir. TGA grafiği incelendiğinde (Şekil 3.5), 314 °C'de hidrür malzeme yapısındaki ligand kısmının yapıdan uzaklaştığı ve KBH₄ yapısının aşağıdaki sıcaklıklarda bozulmaya başladığı görülmektedir (Ceyhan et al., 2024).



TGA/DTA



Şekil 3.5. KBH_4 'e ait TGA eğrisi (Ceyhan vd., 2024)

3.1.4. Kullanılan ekipmanlar

Tez kapsamında yapılan denemeler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil Mühendisliği kimyasal test laboratuvarındaki cihazlarda gerçekleştirilmiştir. Bu cihazlara ait marka ve model bilgileri Çizelge 3.4' de gösterilmiştir. Şekil 3.6 'da ise boyamada kullanılan cihazların görüntüsü verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan ekipmanlar ve üretici firmaları

Kullanılan Cihazlar	Üretici Firmaları	Kullanım Amacı
HT Numune Boyama Makinesi	ATAÇ LAB-DYE HT	Numune boyamaların yapılması
Reflektans Spektrofotometresi	Konica Minolta CM-3600 A	Renk ölçümlerinin yapılması
Yıkama Haslığı Test Cihazı	ATAÇ YK	Yıkama haslığı testinin yapılması
Hassas Terazî	DENVER Instrument	Hazırlanan çözeltilerde tartımların yapılması
pH metre	HANNA Instruments	Atık su ve çözeltilerin pH ölçülmesi
Manyetik Karıştırıcı Isıtıcı	WiseStir	Çözeltilerin karıştırılması
Etüv	MEMMERT	Haslık testlerinde numunelerin kurutulması
Laboratuvar Tipi Ram	ATAÇ GK40	Boyama sonrası kumaşların kurutulması
Standart Işık Kabini	ATAÇ LIGHT BOX	Nicel olarak renk değerlendirmesi
FTIR	Perkin Elmer FTIR 400	KBH ₄ Karakterizasyonu
XRD	Rigaku Ultima III	KBH ₄ Karakterizasyonu
TGA/DTA	Seiko II	KBH ₄ Karakterizasyonu
SEM /EDX	Zeiss Evo	KBH ₄ Karakterizasyonu

3.2. Metot

Tez çalışmasında yıkama ve boyama işlemleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır. Laboratuvar tipi boyama makinesinde çektirme yöntemiyle, 1/8 flotte oranında boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Boyamadan sonra, alternatif ürün olarak sentezlenen yıkama maddesiyle, farklı çalışma şartlarında yıkamalar yapılmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla da ticari ürünlerle yıkamalar tekrarlanmıştır. Sonuç olarak, alternatif ürün ve ticari olarak kullanılan yıkama maddelerinin etkileri kıyaslanmıştır.



Cam malzemeler



Hassas Terazı



pH metre



Boyama tüpleri



Laboratuvar tipi boyama makinesi



Manyetik karıştırıcılı ısıtıcı

Şekil 3.6. Boyamada ve yıkamada kullanılan alet/teçhizatların görüntüsü

3.2.1. Boyama

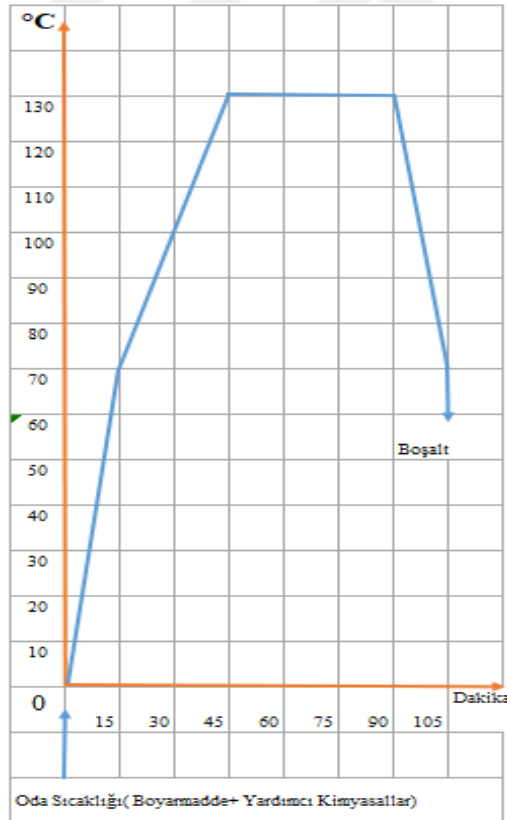
Tez kapsamında boyama işlemleri çektirme yöntemine göre uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan dispers boyama reçetesi Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Dispers boyama reçetesi

Kimyasal Adı	Reçete
Setapers Red E3BN Setapers Blue FBL-N	%5
Dispergator	2 g/L
pH tamponu	pH 4,5-5 olacak şekilde ayarlanmıştır

Tez çalışmasında ilk olarak numune kumaşların işletme şartlarında termofikse ve yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. %100 polyester örme kumaş, laboratuvar şartlarında Setapers Red E3BN ve Setapers Blue FBL-N boyarmaddesiyle boyanmıştır. Boyama denemeleri ATAÇ Lab-Dye HT marka makinede gerçekleştirilmiştir. Boyamanın flotte oranı 1/8 'dir. Boyama ise %5 'lik renk şiddetindedir. Buna göre boyama çözeltisi şu şekilde hazırlanmıştır;

Boyarmadde çözeltileri için %1 'lik 700 ml stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltide Çizelge 3.5 'de belirtilen miktarlarda kimyasallar kullanılmıştır. Çözelti 40°C 'de 30 dakika karıştırılmıştır. Stok çözeltinin pH değeri pH tamponu ile 4,5-5 arasında ayarlanmıştır. Stok çözeltiden 75 ml beherlere alınmıştır. Flotte miktarı 120 ml olduğu için beherin üzeri 120 ml 'ye tamamlanmıştır. Üzerine su eklendiğinde pH değeri değiştiği için tekrar pH tamponu ile pH 4,5-5 arasında ayarlanmıştır. Çektirme yöntemine göre boyama işlemi için dispers boyama programı adımları laboratuvar tipi boyama makinesine ayarlanarak boyama yapılmıştır. Boyama işlemi bittikten sonra yıkama adımına geçilmiştir. Dispers boyama grafiği aşağıda Şekil 3.7 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Dispers boyama grafiği

3.2.2. Redüktif yıkama

Boyama denemelerinden sonra yıkama denemeleri uygulanmıştır. İki farklı yıkama denemeleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak dispergatörlü ve dispergatörsüz denemeler denenmiştir. Daha sonra yıkama sıcaklıkları değiştirilerek ve pH ayarlanarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Yıkama denemeleri ATAÇ Lab-Dye HT marka makinede yapılmıştır. Yıkama denemeleri 1/8 flotte oranında uygulanmıştır. Yıkama denemelerinde konvansiyonel olarak boyama işleminden sonra banyo boşaltılmış, yıkama öncesi durulamalar beherlerde yapıp, yıkama çözeltileri hazırlanarak uygulama, makinede gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama, KBH_4 ile 1-2-3-4-5 g/L konsantrasyonlarda yıkamalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ticari olarak kullanılan yıkama kimyasallarıyla da denemeler yapıp kullanılan KBH_4 ile rekabet edilebilirliği incelenmiştir. Bunlara ek olarak de KBH_4 ile 1-2-3-4-5 g /L konsantrasyonlarda yapılan yıkamalar, 2 g/L dispergatör eklenerek tekrarlanmıştır. Bu çalışmalarla, redüktif yıkama için; boyarmadde cinsinin, kullanılan redüktif yıkama maddesi cinsinin, yıkama prosesinin sıcaklığının ve pH değerinin haslık üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen bütün boyamaların ardından her tüpteki yıkama numunesine kodlama yapılmıştır. Yapılan işlemler ve kodlar Çizelge 3.6 'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Numunelere yapılan işlemler ve kodlamalar

Kodlama	Yapılan İşlem
İşlemsiz Numune	Numuneler boyama sonrasında hiçbir yıkama işlemine tabi tutulmadan alınmıştır.
Soğuk Durulama	Numuneler boyama sonrasında, oda sıcaklığındaki su kullanılarak 5 dakika durulanmıştır.
Kaynar Yıkama	Numuneler boyama sonrasında, içerisinde indirgen madde olmadan 20 dakika 80°C ile işlem görmüştür.
1-2-3-4-5	1-2-3-4-5 g/L potasyum bor hidrürle yapılan redüktif yıkamalar dispergatör eklenmeden yapılmıştır.
1D-2D-3D-4D-5D	1-2-3-4-5 g/L potasyum bor hidrürle yapılan redüktif yıkamalara dispergatör eklenmiştir.
AS-NÖ-AL	Asit -alkali-bazik olarak yapılan yıkamaların kısaltması olarak kullanılmıştır.
DAS-DNÖ-DAL	Dispergatörlü Asit -alkali-bazik olarak yapılan yıkamaların kısaltması olarak kullanılmıştır.
P	pH değeri ayarlanmadan yapılan denemeler (orijinal pH) (9-10)
DP	pH değeri ayarlanmadan yapılan dispergatörlü denemeler (orijinal pH) (9-10)
T	pH değeri 9-10 olan ,90°C yapılan yıkama denemesi
DT	pH değeri 9-10 olan ve dispergatörlü,90°C yapılan yıkama denemesi

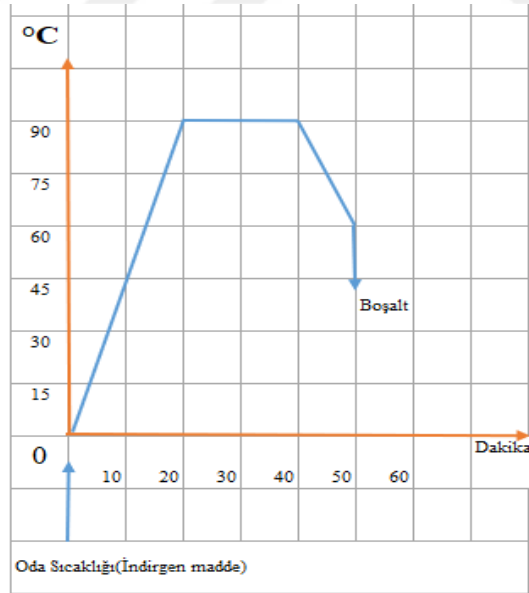
Çalışmada boyama işlemi bittikten sonra işlemsiz numune hariç diğer numunelere, 1/8 flotte oranında yumuşak suda 5 dakika boyunca oda sıcaklığında durulama yapılmıştır. Durulamadan sonra işlemsiz numune ve soğuk durulama yapılan numuneler laboratuvar tipi kurutucuda, 120°C 'de 8 dakika kurutulmuştur. Kalan numuneler sıkılıp tüplere yerleştirilmiştir. Çizelge 3.7.'de verilen reçete hazırlanıp tüplere aktarılmıştır. Sonra redüktif yıkama prosesi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.7 'de dispergatörlü ve dispergatörsüz denemeler, Çizelge 3.8 'de ise sıcaklık ve pH denemelerine ait redüktif yıkama çalışmaları verilmiştir. Şekil 3.8'de 80°C yapılan redüktif yıkamanın, Şekil 3.9.'da 90°C yapılan redüktif yıkamanın grafikleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Redüktif yıkama grup 1 çalışmaları

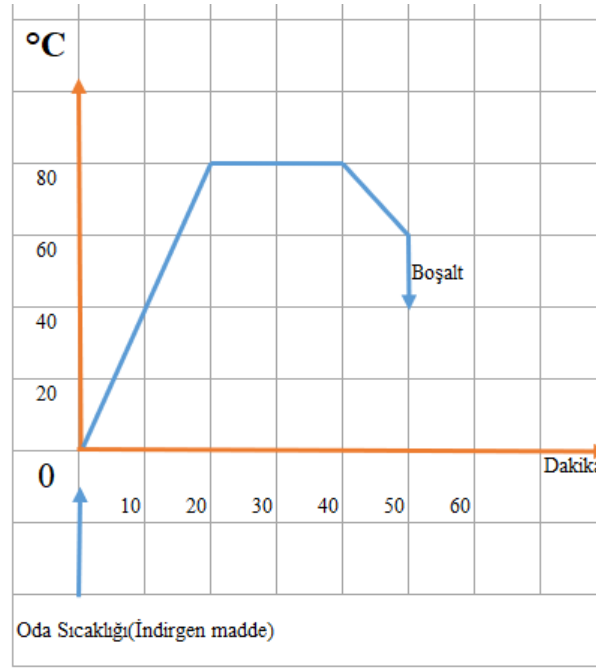
Deneme No	Kimyasal Adı	Derişimi (g/L)	Yardımcı Kimyasal ve Derişimi (g/L)	Uygulama pH değeri
İşlemsiz	-	-	-	-
Hidrosülfid	Sodyum Ditiyonit	4	-	11-12
Soğuk Durulama	-	-	-	-
Kaynar Yıkama	-	-	-	-
1D	KBH ₄	1	2	9-10
1	KBH ₄	1	-	9-10
2D	KBH ₄	2	2	9-10
2	KBH ₄	2	-	9-10
3D	KBH ₄	3	2	9-10
3	KBH ₄	3	-	9-10
4D	KBH ₄	4	2	9-10
4	KBH ₄	4	-	9-10
5D	KBH ₄	5	2	9-10
5	KBH ₄	5	-	9-10
Rakip 1	VESTP	2	-	4,5-5
Rakip 2	Enzimard	2	-	8-9
Rakip 3	Nanoredüktan	0,4	-	11-12

Çizelge 3.8. Redüktif yıkama grup 2 çalışmaları

Boyarmadde	Deneme No	Kimyasal Adı	Derişimi (g/L)	Yardımcı Kimyasal ve Derişimi(g/L)	Uygulama pH değeri	°C
Red E3BN	5P	KBH ₄	5	-	9-10	80
	5AS	KBH ₄	5	-	4-5	80
	5NÖ	KBH ₄	5	-	7-8	80
	5AL	KBH ₄	5	-	11-12	80
	3DP	KBH ₄	3	2	9-10	80
	3DAS	KBH ₄	3	2	4-5	80
	3DNÖ	KBH ₄	3	2	7-8	80
	3DAL	KBH ₄	3	2	11-12	80
	5T	KBH ₄	5	-	9-10	90
	3DT	KBH ₄	3	2	9-10	90
Blue FBL-N	2DP	KBH ₄	2	2	9-10	80
	2DAS	KBH ₄	2	2	4-5	80
	2DNÖ	KBH ₄	2	2	7-8	80
	2DAL	KBH ₄	2	2	11-12	80
	3P	KBH ₄	3	-	9-10	80
	3AS	KBH ₄	3	-	4-5	80
	3NÖ	KBH ₄	3	-	7-8	80
	3AL	KBH ₄	3	-	11-12	80
	2DT	KBH ₄	2	2	9-10	90
	3T	KBH ₄	3	-	9-10	90
	5P	Hidrosülfıt	5	-	9-10	80



Şekil 3.8. 90 °C Redüktif yıkama grafiği



Şekil 3.9. 80 °C Redüktif yıkama grafiği

Denemeler 2 tekrar olacak şekilde uygulanmıştır. Kalan numunelerin yıkama işlemi bittikten sonra oda sıcaklığında 1/8 flotte oranında, 5 dakika boyunca tekrar durulama yapıp laboratuvar tipi kurutucuda 120°C’de 8 dakika boyunca kurutulmuştur.

3.3. Test ve Analizler

Redüktif yıkama işleminden sonra aşağıdaki testler, ilgili standartlarda uygulanmıştır.

3.3.1. Haslık performans ölçümleri

Haslık değerlendirmeleri kalitatif ve kantitatif olarak tekrarlanmıştır. Kalitatif olarak gri skala kullanılarak, standart ışık kabini içerisinde göz ile değerlendirme yapılmıştır. Kantitatif değerlendirmede ise iki yaklaşım tercih edilmiştir. Kullanılan spektrofotometrenin “haslık değerlendirme” modülü bulunmaktadır. Bu modülde haslıklar spektrofotometre yazılımının otomatik değerlendirilmesine bırakılmıştır. Spektrofotometrenin değerlendirme sonuçları SFM olarak kodlanmıştır. Tablolarda SFM sütunlarında gösterilmiştir. Ayrıca, farklı bir tabloda test sonrası, temiz ve akma olmuş, refakat bezlerine ait ΔE (toplam renk farkı) değerleri gösterilmiştir. Böylece kirlenmenin derecesi kantitatif olarak da tespit edilebilmiştir.

3.3.1.1. Yıkamaya karşı renk haslığı

Yıkamaya karşı renk haslığı, yıkamaların haslık performanslarının tespiti için TS EN ISO 105 C06 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Ataç YK marka yıkama haslığı test cihazında, yıkamaya karşı renk haslığı standardı deney şartlarından A2S 'e göre gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar standart ışık kabininde ve spektrofotometrede değerlendirilmiştir. Şekil 3.10'da yıkama haslığı test cihazının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.10. Yıkama haslığı test cihazının görüntüsü

3.3.1.2. Tere karşı renk haslığı

Vücut da meydana gelen ter, tuzlu karışımdır. Metabolizmaya göre asidik veya bazik olabilmektedir. Tekstil mamullerinde renkteki değişiklik ve terleme üzerinde de önemli bir etkiye sahip olan histidin amino asidini bulunduran temel bir bileşenden kaynaklanmaktadır. Bu bileşeni içeren bazik ve asidik çözeltiler tekstil mamullerine uygulanarak, plakalar arasına yerleştirilir belirli bir basınç ve sıcaklıkta 4 saat bekletilmektedir. Gri skala ile numunenin refakat kumaşı lekeleme oranı değerlendirilmektedir. Tere karşı renk haslık performanslarının tespiti için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan MEMMERT marka etüvde, TS 398 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar standart ışık kabininde ve spektrofotometrede değerlendirilmiştir. Şekil 3.11'de tere karşı renk haslığı ile ilgili görseller verilmektedir.



Şekil 3.11. Tere karşı renk haslığı ile ilgili görseller

3.3.1.3. Suya karşı renk haslığı

Tekstil ürününün, oda sıcaklığında bir miktar su içerisinde bekletilmeye karşı dayanımının ölçüsüdür. Yıkamaların haslık performanslarının tespiti için TS EN ISO 105-E01 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan her bir deney numunesi oda sıcaklığında, içinde saf su bulunan kap içerisine daldırılarak 30 dakika süresince tamamen ıslatılmaktadır. Her test numunesinin ayrı kaplarda ıslatılması sağlanmaktadır. Numunenin üzerindeki fazla suyu uzaklaştırmak için baget yardımı ile fazla su uzaklaştırılmaktadır. Etüvde deney numunesi kurutulmaktadır. Daha sonra skalalarla değerlendirilmektedir.

3.3.1.4. Süblimasyon haslığı

Sıcak prese karşı renk haslığı her türdeki tekstil mamullerinin ütölemeye ve bu esnada sıcak silindirler arasında işlenmeye karşı direncinin tayinidir. Bu test kuru, ıslak nemli şeklinde yapılabilmektedir. 150°C süblimasyon haslığı test cihazı ısıtılmaktadır. Kuru mamul refakat beziyle cihaza yerleştirilmektedir. 15 saniye sonra mamul cihazdan alınmaktadır. Kuru presleme testi bitmektedir. Nemli presleme için; refakat bezi nemli, numune ise kuru olacak şekilde test edilmektedir. Islak presleme için hem numune hem de refakat bezi ıslak olacak şekilde test edilmektedir. Kuru preslemede olduğu gibi ıslak ve nemli preslemede de işlem aynı şekilde tekrar edilmektedir. Akma ve renk değişimi gri skala ile değerlendirilmektedir. Süblimasyon haslığı performansının tespiti TS 472 EN ISO 105-X11 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Renk ölçümleri

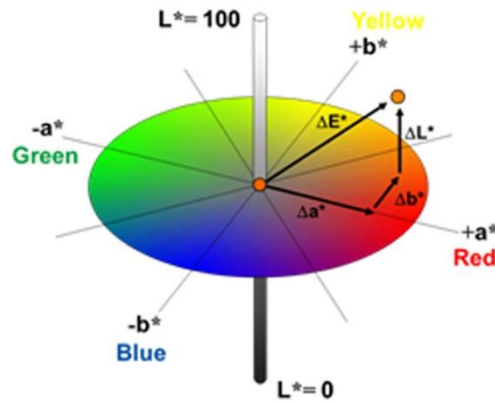
Boyama ve yıkaması biten kumaşların ve haslık testi yapılmış numunelerin spektrofotometrede tüm numunelerin L^* , a^* , b^* değerleri ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen CIELab renk ölçümleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik-

Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Konica Minolta marka CM-3600 A model spektrofotometre cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihazda color mission basic model yazılımı bulunmaktadır. Işık kaynağı ve gözlemci açısı D65-10° olarak seçilmiştir. Şekil 3.12’de kullanılan spektrofotometrenin fotoğrafı paylaşılmaktadır.



Şekil 3.12 . Spektrofotometre

Uluslararası aydınlatma komisyonu, 1976'da görsel değerlendirme ile uyumlu CIELab renk uzayını tanımlamaktadır. Renk uzayı, açıklık-koyuluk (L^*), kırmızı-yeşil (a^*) ve sarı-mavi (b^*) olmak üzere üç renk koordinatına oluşmaktadır. Doygunluk (C^*) ve renk açısı (h°) ile tanımlanmaktadır. Üç tristimulus değerinin (X, Y, Z) hesaplanmasının ardından, bu değerler CIELab renk uzayında renk koordinatlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. CIELab renk farkı formülü, iki renk arasındaki farkı hesaplamak için geliştirilmiştir. Şekil 3.13. ‘de renk uzayı üzerinde renk değerlendirmesi gösterilmiştir (Çinko, 2024).



Şekil 3.13. CIELab Renk uzayı üzerinde renk farkı (Web 2018)

CIELab renk formülasyonlarının denklemleri aşağıda gösterilmektedir;

$$L^*=116 \sqrt[3]{Y/Y_n} - 16$$

$$a^*=500[\sqrt[3]{X/X_n} - \sqrt[3]{Y/Y_n}]$$

$$b^*=200[\sqrt[3]{Y/Y_n} - \sqrt[3]{Z/Z_n}]$$

$$C^*=\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$$

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

CIELab renk uzayında a^* ve b^* eksenleri birbirlerine dik açı yapar. Orta noktada bu eksenler kesişmektedir. Üçüncü eksen olan L^* , açıklık-koyuluğu ifade eder; L^* ekseninin üst yarısı beyazı, alt yarısı ise siyahı temsil etmektedir. a^* + yönde kırmızılık, b^* + yönde ise sarılık artmaktadır. Renk dönme açısı h° , kırmızıdan sarıya doğru artan bir renk ölçüsüdür; $h^\circ=0$ kırmızı, $h^\circ=90$ sarı, $h^\circ=270$ mavi rengin nüanslarını ifade etmektedir. Orta noktadan uzaklaşan nokta, rengin kromasını göstermektedir. Kroma, rengin doygunluğunu ifade eden bir boyuttur. C^* değeri ile sayısal olarak ölçülmektedir (Yürük, 2023).

ΔE^* , renk farkını hesaplayan bir denklemle toplam renk farkını gösterir. CIELab göre renk farkı aşağıda verilmektedir;

$$\Delta E=\sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

ΔE : Toplam Renk farkı formülü

3.3.3. UV ölçümleri

Kullanılan yeni hidrür bileşiği ile, ticari iki farklı dispers boya ile boyanmış poliester kumaş üzerinde redüktif yıkama çalışmaları yapılmıştır. Kullanılan dispers boyarmaddelerin; CI Dispers Red 60, CI Dispers Blue 56'dır. Çalışmada elde edilen yıkama atık sularının uv ölçümleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik laboratuvarındaki Absorbsiyon spektrumları, 10 mm kuvars küvetlerle donatılmış çift ışıklı UV-vis spektrometresi, Jasco V-750 model kullanılarak 200 ila 900 nm yapılmıştır. Spektrumların dijital çözünürlüğü 1 nm'dir. Absorbans hesaplamaları için 200 ile 500 nm arasındaki spektral bölge seçilmiştir. Absorbans ve dalga boyu analizleri ORIGIN (windows için v. 6.5) ile yazılmış programla hesaplanmıştır. Şekil 3.14'de UV-vis spektrometresinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.14. UV-vis spektrometresinin görüntüsü

3.3.4. Atık su analizleri

Bu analizler yıkamalar sonrasında oluşan atık suların kalitesini tespit etmek için yapılan testlerin bütünüdür. Bu analiz, suyun kirleticilerini tespit etmek ve çevreye zarar vermemek için arıtma yöntemlerini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Atık su analizinde test edilen parametreler şunlardır;

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Atık sularda organik maddelerin oksitlenmesi için gereken oksijen miktarını belirlemektedir. Yüksek KOİ, suyun kirli olduğunu anlamına gelmektedir.

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ): Sudaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanması için gereken oksijen miktarını ölçmektedir. BOİ değeri yüksekse, suyun biyolojik olarak kirli demektir.

Sülfür ve Fosfor: Bu maddeler, suyun kalitesini göstermektedir.

AKM terimi, özellikle su arıtma sürecinde kullanılan bir kavramdır. AKM, belirli bir çevre ortamındaki kirleticilerin zararlarını değerlendirirken, her kirletici için belirli bir ağırlık faktörü kullanılarak toplam kirletici yükü hesaplanmaktadır. Bu sayede, hangi kirleticilerin çevreyi daha fazla tehdit ettiğine dair değerlendirme yapılabilmektedir.

Atık su analizleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, ÜSKİM Çevre Laboratuvarından hizmet alınarak yapılmıştır. Analizlerde kullanılan metotlar aşağıda verilmektedir;

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ); SM 5220 B deney metoduna göre uygulanmıştır.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ); SM 5210 B deney metoduna göre uygulanmıştır.

Askıda Katı Madde (AKM); SM2540-D deney metoduna göre uygulanmıştır.

Sülfür (S^{2-}); Hack Lange Kit Metodu (SM4500 $S^{2-}D$)

Sülfid (SO_3^{2-}); Hack Lange Kit Metodu (SM4500 $SO_3^{2-}C$)



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İşlem gören numunelere uygulanan renk ölçüm sonuçları, yıkamaya karşı renk haslığı, tere karşı renk haslığı, suya karşı renk haslığı ve proseslerde elde edilen atık sulara uygulanan UV ve atık su kalite test sonuçları incelenerek değerlendirilmiştir.

4.1. CIELab Ölçüm Sonuçları

Setapers Red E3BN boyarmaddesi denemelerinin, yıkama sonrası numunelerin CIELab ölçüm sonuçları Çizelge 4.1’de, Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi denemelerinin CIELab ölçüm sonuçları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir. İşlemsiz numune ve hidrosülfite yıkamaları referans alınarak yeni denemelerde elde edilen numunelerin renk farkları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Setapers Red E3BN CIELab sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	CIELab Değerleri			Renk Farkı 1 (İşlemsiz)				Renk Farkı 2 (Hidrosülfite)			
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
İşlemsiz	37,13	58,80	12,87	.	.	.	-	-	-	-	-
Soğuk Durulama	38,52	61,49	12,69	1,39	2,69	-0,18	4,65	-	-	-	-
Kaynar Yıkama	39,36	62,60	11,38	2,23	3,80	-1,49	4,33	-	-	-	-
Hidrosülfite	39,17	62,53	12,06	2,04	3,73	-0,81	5,26	-	-	-	-
1D	39,19	63,48	11,63	2,06	4,68	-1,24	4,17	0,67	1,99	-1,06	2,35
1	39,22	62,06	11,33	2,09	3,26	-1,54	5,11	0,70	0,57	-1,36	1,63
2D	39,10	63,46	12,15	1,97	4,66	-0,72	5,17	0,58	1,97	-0,54	2,12
2	39,52	63,30	11,98	2,39	4,50	-0,89	5,66	1,00	1,81	-0,71	2,19
3D	39,41	63,88	11,85	2,28	5,08	-1,02	4,09	0,89	2,39	-0,84	2,69
3	38,79	62,33	11,63	1,66	3,53	-1,24	3,90	0,27	0,84	-1,06	1,38
4D	37,95	62,58	12,35	0,82	3,78	-0,52	5,30	-0,57	1,09	-0,34	1,28
4	39,66	63,00	10,86	2,53	4,20	-2,01	5,43	1,14	1,51	-1,83	2,63
5D	39,17	63,75	11,98	2,04	4,95	-0,89	3,83	0,65	2,26	-0,71	2,46
5	38,44	61,91	11,06	1,31	3,11	-1,81	5,51	-0,08	0,42	-1,63	1,69
VESTP	39,65	63,70	12,98	2,52	4,90	0,11	5,68	1,13	2,21	0,29	2,50
Enzimsard	39,76	63,80	12,30	2,63	5,00	-0,57	4,80	1,24	2,31	-0,39	2,65
Nanoredüktan	39,58	62,88	12,27	2,45	4,08	-0,60	3,03	1,06	1,39	-0,42	1,80

Çizelge 4.1 ‘de işlemsiz numune referans alınarak değerlendirme yapıldığında ΔL^* değerinde 2,63 ile 0,82 arasında renk farkları ölçülmüştür. Buradaki renk farklılığı önemsenmemektedir. Çünkü işlemsiz numune olan numunelerde herhangi bir yıkama kimyasalı kullanılmadığı için renk farkının yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Hidrosülfite endüstride en yaygın kullanılan indirgen maddedir. Bu nedenle hidrosülfite referans olarak

değerlendirmek gerekmektedir. Hidrosülfite referans alınarak değerlendirildiğinde ise ΔL^* değerinde -0,08 ile 1,24 arasında renk farkları ölçülmüştür.

Toplam renk farkı değeri incelendiğinde ise ticari olarak kullanılan kimyasallar hariç toplam renk farkı 1 değerini geçmediği görülmektedir. Bu sonuçtan ise KBH_4 kullanılarak yapılan yıkamalarda gözle görülür renk farklılığı oluşmadığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.2. Setapers Blue FBL-N CIELab sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	CIELab Değerleri			Renk Farkı 1 (İşlemsiz)				Renk Farkı 2 (Hidrosülfite)			
	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
İşlemsiz	22,71	2,63	-28,30	-	-	-	-	-	-	-	-
Soğuk Durulama	25,55	8,79	-39,28	2,84	6,16	-10,98	12,91	-	-	-	-
Kaynar Yıkama	26,91	8,31	-39,84	4,20	5,68	-11,54	13,53	1,36	-	-	-
Hidrosülfite	26,07	8,14	-39,20	3,36	5,51	-10,90	12,67	0,52	-	-	-
1D	26,52	7,96	-39,45	3,81	5,33	-11,15	12,93	0,97	-0,83	-0,17	1,29
1	25,90	8,89	-39,57	3,19	6,26	-11,27	13,28	0,35	0,10	-0,29	0,47
2D	25,51	8,27	-39,13	2,80	5,64	-10,83	12,53	-0,04	-0,52	0,15	0,54
2	25,23	9,17	-39,40	2,52	6,54	-11,10	13,13	-0,32	0,38	-0,12	0,51
3D	25,44	8,32	-38,92	2,73	5,69	-10,62	12,35	-0,11	-0,47	0,36	0,60
3	26,67	8,50	-39,61	3,96	5,87	-11,31	13,34	1,12	-0,29	-0,33	1,20
4D	25,77	8,20	-39,06	3,06	5,57	-10,76	12,50	0,22	-0,59	0,22	0,67
4	26,18	8,69	-39,48	3,47	6,06	-11,18	13,18	0,63	-0,10	-0,20	0,67
5D	26,99	7,60	-39,15	4,28	4,97	-10,85	12,68	1,44	-1,19	0,13	1,87
5	26,20	8,71	-39,46	3,49	6,08	-11,16	13,18	0,65	-0,08	-0,18	0,68
VESTP	25,37	9,00	-38,97	2,66	6,37	-10,67	12,71	-0,18	0,21	0,31	0,42
Enzimsard	25,90	8,77	-39,42	3,19	6,14	-11,12	13,10	0,35	-0,02	-0,14	0,38
Nanoredüktan	26,40	8,45	-39,48	3,69	5,82	-11,18	13,13	0,85	-0,34	-0,20	0,94

Çizelge 4.2 'de işlemsiz deneme referans alınarak değerlendirme yapıldığında ΔL^* değerinde 4,20 ile 2,52 arasında renk farkları ölçülmüştür. Buradaki renk farklılığı yüksek çıkmıştır. İşlemsiz numunede herhangi bir yıkama kimyasalı kullanılmadığı için renk farkının yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle hidrosülfite referans alınarak değerlendirme yapıldığında ise ΔL^* değerinde -0,32 ile 1,44 arasında renk farkları ölçülmüştür. Bu değer 1'den küçük olması poliestere nüfuz edememiş boyarmaddenin uzaklaştığını göstermektedir. Toplam renk farkı değeri incelendiğinde ise toplam renk farkının 1 değerini geçmediği görülmektedir. Çizelge 4.1 ile karşılaştırıldığında ise toplam renk farkının kırmızı boyarmaddeye göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise boyarmaddenin yapısından kaynaklıdır. Bu sonuçtan ise KBH_4 kullanılarak yapılan yıkamalarda gözle görülür renk farklılığı oluşmadığı anlaşılmaktadır. KBH_4 ya da hidrosülfite de uygulansa

herhangi bir renk farkının oluşmaması KBH_4 kimyasalının kullanılabilirliğini göstermektedir.

Çizelge 4.3’de, Setapers Red E3BN boyarmaddesi için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin CIELab sonuçları verilmiştir. İşlemsiz numune ve hidrosülfite referans alınarak toplam renk farkı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Setapers Red E3BN CIELab sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	CIELab Değerleri			Renk Farkı 1 (İşlemsiz)				Renk Farkı 2 (Hidrosülfite)			
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
İşlemsiz	37,13	58,8	12,87	-	-	-	-	-	-	-	-
Soğuk Durulama	38,52	61,49	12,69	1,39	2,69	-0,18	3,03	-	-	-	-
Kaynar Yıkama	39,36	62,6	11,38	2,23	3,80	-1,49	4,65	-	-	-	-
Hidrosülfite	39,17	62,53	12,06	2,04	3,73	-0,81	4,33	-	-	-	-
5P	38,44	61,91	11,06	1,31	3,11	-1,81	3,83	-0,08	0,42	-1,63	1,69
5AS	39,80	63,64	12,55	2,67	4,84	-0,32	5,54	1,28	2,15	-0,14	2,51
5NÖ	38,64	63,18	13,26	1,51	4,38	0,39	4,65	0,12	1,69	0,57	1,79
5AL	39,26	62,45	11,51	2,13	3,65	-1,36	4,44	0,74	0,96	-1,18	1,69
3DP	39,41	63,88	11,85	2,28	5,08	-1,02	5,66	0,89	2,39	-0,84	2,69
3DAS	39,78	64,23	12,66	2,65	5,43	-0,21	6,04	1,26	2,74	-0,03	3,01
3DNÖ	39,74	63,72	12,80	2,61	4,92	-0,07	5,57	1,22	2,23	0,11	2,55
3DAL	39,96	64,16	12,19	2,83	5,36	-0,68	6,10	1,44	2,67	-0,50	3,08
5T	39,59	63,56	12,78	2,46	4,76	-0,09	5,36	1,07	2,07	0,09	2,33
3DT	39,39	63,36	12,49	2,26	4,56	-0,38	5,10	0,87	1,87	-0,20	2,07

Çizelge 4.3 ‘de işlemsiz numune referans alınarak değerlendirme yapıldığında ΔL^* değerinde 2,83 ile 1,31 arasında renk farkları ölçülmüştür. Hidrosülfite referans alınarak değerlendirildiğinde ise ΔL^* değerinde 1,44 ile -0,08 arasında renk farkları ölçülmüştür.

Toplam renk farkı değeri incelendiğinde ise toplam renk farkı 1 değerini geçtiği görülmektedir. Bu sonuçtan ise KBH_4 kullanılarak yapılan yıkamalarda az miktarda gözle görülür renk farklılığı olduğu anlaşılmaktadır. Hidrosülfite göre; renkler daha parlak, daha temiz ve kırmızıda çıkmıştır. Ayrıca 5 g/L ve 3 g/L olan deneme grubunda pH değeri 9-10 olan denemenin en iyi pH olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4’de, Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin CIELab sonuçları verilmiştir. İşlemsiz numune ve hidrosülfite referans alınarak toplam renk farkı hesaplanmıştır. Çizelge 4.4 ‘de işlemsiz deneme referans alınarak değerlendirme yapıldığında ΔL^* değerinde 4,20 ile 2,80 arasında renk farkları ölçülmüştür. Hidrosülfite referans alınarak değerlendirme yapıldığında ise ΔL^* değerinde

1,12 ile -0,04 arasında renk farkları ölçülmüştür. Çizelge 4.3 ile karşılaştırıldığında ise toplam renk farkının kırmızı boyarmaddeye göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise boyarmaddenin yapısından kaynaklıdır. Çünkü kırmızı rengin diğer renklere göre çekimi daha farklıdır. Δa^* değerinin daha yeşilde çıkmıştır. Δb^* değeri ise – çıkmıştır. Bu ise rengin daha net mavi olduğunu göstermektedir. Ayrıca 5 g/L ve 3 g/L olan deneme grubunda pH değeri 9-10 olan denemenin en iyi pH olduğu görülmektedir.

Bu sonuçtan ise KBH_4 kullanılarak yapılan yıkamalarda mavi renk için gözle görülür renk farklılığı oluşmadığı anlaşılmaktadır. KBH_4 ya da hidrosülfite ile de uygulansa herhangi bir renk farkının oluşmaması KBH_4 kimyasalının kullanılabilirliğini göstermektedir.

Çizelge 4.4. Setapers Blue FBL-N CIELab sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	CIELab Değerleri			Renk Farkı 1 (İşlemsiz)				Renk Farkı 2 (Hidrosülfite)			
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
İşlemsiz	22,71	2,63	-28,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Soğuk Durulama	25,55	8,79	-39,28	2,84	6,16	-10,98	12,91	-	-	-	-
Kaynar Yıkama	26,91	8,31	-39,84	4,20	5,68	-11,54	13,53	-	-	-	-
Hidrosülfite	26,07	8,14	-39,2	3,36	5,51	-10,90	12,67	-	-	-	-
2DP	25,51	8,27	-39,13	2,80	5,64	-10,83	12,53	-0,04	-0,52	0,15	0,54
2DAS	26,42	8,99	-39,82	3,71	6,36	-11,52	13,67	0,87	0,20	-0,54	1,04
2DNÖ	25,70	9,19	-39,13	2,99	6,56	-10,83	13,01	0,15	0,40	0,15	0,46
2DAL	26,55	8,78	-39,89	3,84	6,15	-11,59	13,67	1,00	-0,01	-0,61	1,17
3P	26,67	8,5	-39,61	3,96	5,87	-11,31	13,34	1,12	-0,29	-0,33	1,20
3AS	26,47	8,61	-39,25	3,76	5,98	-10,95	13,03	0,92	-0,18	0,03	0,93
3NÖ	26,51	8,77	-39,69	3,80	6,14	-11,39	13,49	0,96	-0,02	-0,41	1,04
3AL	26,67	8,51	-39,69	3,96	5,88	-11,39	13,42	1,12	-0,28	-0,41	1,22
2DT	26,45	8,67	-38,83	3,74	6,04	-10,53	12,70	0,90	-0,12	0,45	1,01
3T	26,37	8,81	-39,61	3,66	6,18	-11,31	13,40	0,82	0,02	-0,33	0,88

4.2. Haslık Performansının Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama, KBH_4 ile 1-2-3-4-5 gr /litre konsantrasyonlarda yıkamalar gerçekleştirilmiştir. KBH_4 ile 1-2-3-4-5 gr /Litre konsantrasyonlarda yapılan yıkamalar, 2 g/L dispergatör eklenerek tekrarlanmıştır. Ayrıca ticari olarak kullanılan yıkama kimyasallarıyla da denemeler yapıp kullanılan KBH_4 ile rekabet edilebilirliği incelenmiştir. Çalışmanın bu kısmı grup 1 'i ifade etmektedir. Grup 1 çalışmalarından sonra kırmızı boyarmadde için dispergatörsüz 5 g/L KBH_4 ve dispergatörlü 3 g/L KBH_4 denemesinin en iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Mavi renk boyarmadde için dispergatörsüz 3 g/L KBH_4 ve dispergatörlü 2 g/L KBH_4 denemesinin en iyi sonuç verdiği

tespit edilmiştir. Grup 2 çalışmalarında ise grup 1 çalışmaları sonucu elde edilen en iyi sonuçların konsantrasyonları üzerinden sıcaklık ve pH denemeleri yapılmıştır.

4.2.1. Yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları

Yıkamaya karşı renk haslığı testi yapılmıştır. Yıkamaya karşı renk haslığı ile ilgili test sonuçları Çizelge 4.5- Çizelge 4.10. arasında gösterilmiştir. Çizelge 4.5'te kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
İşlemsiz	2/3	2/3	4/5	4/5	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	3	3	4/5	4/5	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4
Kaynar Yıkama	3	3	4/5	4	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4/5
Hidrosülfid	4/5	4	5	4/5	3/4	3/4	4	4	5	4/5	5	4/5
1D	3/4	4	3/4	4/5	3	3/4	4	4	4	4/5	4	4/5
1	3	3	4/5	4/5	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	3/4	4
2D	3	3	3/4	3/4	3	3/4	4	3/4	4	3/4	4	4/5
2	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4/5	4/5	5	4/5	4	4/5
3D	3	3	3/4	3/4	3/4	4	4	3/4	4/5	3/4	4/5	4/5
3	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
4D	4	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5
4	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
5D	3/4	4	4	4/5	3/4	3/4	3/4	4/5	4	4/5	4	4/5
5	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
VESTP	3	3/4	4/5	4/5	3	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Enzimsard	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Nanoredüktan	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5

Yıkamaya karşı renk haslığı değerlendirmelerinde, multifiber üzerindeki poliesterin naylon ve pamuğu kirletme performansına dikkat edilmiştir. Çünkü %100 poliester ürünler iç ve dış giyim kıyafetlerde kullanılmaktadır. Poliester içerikli ürünler, naylon ve pamuk türündeki materyallerle yıkandığından, bunlara gösterdiği akma daha önemlidir.

Çizelge 4.5. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama denemelerinden elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 2/3'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmayanların haslığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu haslık değerinin daha yüksek olması için KBH₄ kullanılarak yıkamalar yapılmıştır. Ayrıca endüstride en çok kullanılan hidrosülfid ile de yıkamalar yapılmıştır. Bunun yanında ek olarak ticari olarak kullanılan üç farklı marka ile de denemeler yapılmıştır.

KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 ‘tir. Hidrosülfite’ in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında hidrosülfite ve diğer ticari markalara göre KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde; KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde 1 g/L yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 2/3 iken, 4 g/L olan denemenin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 çıkmıştır. Buradan ise KBH₄ derişiminin artmasıyla haslık sonuçlarının iyileştiği belirlenmiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle yarım puan iyileştirmiştir. Dispergatorün yıkama prosesinde açığa çıkan boyarmaddenin askıda kalarak, kumaşı tekrar kirlenmesini engellemiştir.

Çizelge 4.6 ‘da kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.6. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	17,083	4,653	6,713	6,066	2,461	6,917
Soğuk Durulama	13,902	3,922	17,389	5,744	2,650	5,596
Kaynar Yıkama	12,625	6,200	16,018	5,573	2,501	4,730
Hidrosülfite	7,680	2,751	11,152	5,506	2,278	4,405
1D	6,572	2,601	9,248	5,423	1,940	3,033
1	13,763	3,604	17,590	5,541	2,792	6,460
2D	11,554	6,847	10,718	8,356	6,175	4,095
2	9,915	3,170	13,753	4,558	2,550	3,836
3D	11,039	6,374	7,127	6,937	6,105	3,610
3	10,989	4,200	13,921	6,291	2,338	4,377
4D	5,031	3,595	4,603	3,001	2,283	1,243
4	9,097	3,697	9,969	5,897	2,103	3,605
5D	5,525	1,854	7,967	4,458	1,927	2,960
5	8,495	3,315	9,435	4,724	1,983	3,953
VESTP	10,892	3,545	13,610	4,647	2,838	4,317
Enzimsard	9,222	3,239	13,074	4,103	2,499	3,936
Nanoredüktan	8,912	2,818	11,828	3,734	2,283	3,361

Çizelge 4.5. ile Çizelge 4.6 beraber değerlendirildiğinde Çizelge 4.5’te haslık değeri en iyi olan denemenin Çizelge 4.6’da en az toplam renk farkına sahip olması gerekmektedir.

Çünkü renk farkının düşük olması refakat bezinin temiz ya da temize yakın olması anlamına gelmektedir. Refakat bezinin temiz olması da haslığın yüksek olması anlamına gelmektedir. Yıkamaya karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama da yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 17,389 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahip olduğu görülmektedir. Hidrosülfite' in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 11,152 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 11,828 çıkmıştır. KBH_4 kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 4,603 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH_4 kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemelerinde derişimin artmasının ve dispergator kullanımının toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 'de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin sonuçları aşağıda verilmiştir. Redüktif yıkama grup 1'den çalışmalarından sonra KBH_4 denemelerinden Setapers Red E3BN boyarmaddesi için en iyi haslık değerin 5 ve 3D denemesinin verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle sıcaklık ve pH denemeleri bu konsantrasyonlar üzerinden devam etmiştir. KBH_4 denemelerinden 5 ve 3D asidik, nötr ve alkali ortamda 80°C denenmiştir. Ardından KBH_4 denemelerinden 5 ve 3D denemeleri 90°C 'de 9-10 pH değerinde denenmiştir.

Çizelge 4.7. incelendiğinde, işlemsiz ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 2/3 'tür. KBH_4 denemelerinden 3DP denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemeleriyle hidrosülfite karşılaştırıldığında ise, hidrosülfite' in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 3/4 iken, 3DP denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4 çıkmıştır. Endüstride yaygın kullanılan kimyasaldan potasyum bor hidrürün daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 5P denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 3/4 iken, 5T denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. 3 g/L olan denemelerde sıcaklığın etkisi görülmemiştir. Bu sonuçlara

göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında bir puana kadar iyileşmeler görülmektedir. Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde 3 g/L olan denemenin haslık değerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. pH parametresine göre incelendiğinde; pH değeri 9-10 olan denemelerin asidik, nötr, alkali ortamlara göre en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	2/3	2/3	4/5	4/5	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	-	-	3	3	4/5	4/5	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4
Kaynar Yıkama	-	-	3	3	4/5	4	2/3	2/3	4	4	4/5	4/5	4	4/5
Hidrosülfid	-	11-12	4/5	4	5	4/5	3/4	3/4	4	4	5	4/5	5	4/5
5P	80	9-10	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5AS	80	4-5	3/4	3/4	4	4/5	3	3	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
5NÖ	80	7-8	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3/4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
5AL	80	11-12	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
3DP	80	9-10	3	3	3/4	3/4	3/4	4	4	3/4	4/5	3/4	4/5	4/5
3DAS	80	4-5	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
3DNÖ	80	7-8	4	4	4/5	4/5	3/4	3/4	4	4/5	5	5	5	4/5
3DAL	80	11-12	3/4	3/4	4/5	4/5	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
5T	90	9-10	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5
3DT	90	9-10	4/5	4/5	5	5	4	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5

Çizelge 4.8 ‘de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.8. Setapers Red E3BN yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	17,083	4,653	6,713	6,066	2,461	6,917
Soğuk Durulama	-	-	13,902	3,922	17,389	5,744	2,650	5,596
Kaynar Yıkama	-	-	12,625	6,200	16,018	5,573	2,501	4,730
Hidrosülfid	-	11-12	7,680	2,751	11,152	5,506	2,278	4,405
5P	80	9-10	8,495	3,315	9,435	4,724	1,983	3,953
5AS	80	4-5	8,169	2,570	12,920	5,693	2,016	4,095
5NÖ	80	7-8	8,705	2,385	10,849	5,814	1,764	3,866
5AL	80	11-12	9,316	3,108	14,058	6,112	1,855	3,600
3DP	80	9-10	11,039	6,374	7,127	6,937	6,105	3,610
3DAS	80	4-5	9,040	2,445	12,371	5,929	2,036	2,784
3DNÖ	80	7-8	6,590	2,100	9,366	4,514	1,282	2,708
3DAL	80	11-12	9,029	2,626	11,815	6,112	2,137	4,223
5T	90	9-10	1,749	0,741	2,658	1,021	0,425	2,101
3DT	90	9-10	4,394	1,381	7,159	1,887	0,964	2,581

Çizelge 4.8.'deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 5P denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 3,315 iken, 90°C yapılan 5T denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,741 çıkmıştır. 80°C yapılan 5P denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 9,435 iken 90°C yapılan 5T denemesinin ΔE değeri 2,658 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 6,374 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin ΔE değeri 1,381 olduğu görülmektedir. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 7,127 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin ΔE değeri 7,159 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir. pH parametresi açısından incelendiğinde; 9-10 pH değerinde en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yüksek sıcaklıkta 5 g/L denemesinin toplam renk farkı değeri en düşük iken, düşük sıcaklıkta 3 g/L denemesinin toplam renk farkının düşük olduğu belirlenmiştir. Hidrosülfid ile KBH_4 'ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfid' in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 11,152 iken, 3DP denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 7,127 çıkmıştır. KBH_4 kullanımıyla renk farkının az, haslığın ise yüksek olması sağlanmıştır.

Çizelge 4.9 'da mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.9. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	5	3/4	4/5
Soğuk Durulama	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	5	4	4/5
Kaynar Yıkama	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Hidrosülfıt	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5
1D	4	4/5	5	5	3	4	4	4/5	5	5	4/5	4/5
1	4	4	4/5	4/5	3	3/4	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5
2D	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5
2	4	4	4	4/5	3/4	3/4	4	4/5	4/5	5	4	4/5
3D	4/5	5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
3	4	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	5	4/5	5	4	5
4D	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
5D	4/5	4/5	4/5	5	3/4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
VESTP	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Enzimsard	3/4	4	4/5	4/5	3	3	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Nanoredüktan	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	5	4	4/5

Çizelge 4.9. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan denemelerde elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 3'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmadığı için askıda kalan boyarmaddeler temizlenmemiş ve haslığı düşürdüğü tespit edilmiştir. KBH₄ kullanılarak yapılan 2D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 'tir. Hidrosülfıt' in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır.

Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 3 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında hidrosülfıt ile KBH₄ denemesinin aynı sonuç verdiği görülmüştür. Diğer ticari markalara göre KBH₄ kullanılarak yapılan 2D denemesinin en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir. KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde konsantrasyon değişimiyle birlikte haslıklarda çok büyük etki görülmemiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle bir puan iyileştirmiştir.

Çizelge 4.10 ‘da mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.10. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	10,103	3,938	11,087	2,967	1,261	3,353
Soğuk Durulama	9,549	4,011	14,442	3,614	1,713	3,206
Kaynar Yıkama	6,349	3,080	7,400	2,196	1,165	2,085
Hidrosülfite	1,959	1,019	3,660	2,669	1,171	0,744
1D	3,253	1,309	6,045	2,054	1,064	2,018
1	6,087	2,940	8,583	2,347	1,363	3,049
2D	1,893	0,849	2,811	1,083	0,729	4,406
2	5,599	2,447	8,689	2,092	1,368	1,761
3D	1,431	0,628	1,898	0,831	0,739	0,755
3	4,644	1,778	5,538	1,425	1,175	1,461
4D	1,697	1,064	2,204	0,919	0,733	1,754
4	3,812	2,846	5,560	1,785	1,174	2,810
5D	2,473	1,440	4,380	1,588	0,933	1,322
5	4,673	3,183	6,591	2,063	1,580	2,061
VESTP	10,212	3,540	14,332	3,828	1,777	3,601
Enzimsard	6,519	3,403	10,832	2,518	1,689	3,077
Nanoredüktan	8,484	3,075	12,709	3,276	1,728	3,169

Çizelge 4.9. ile Çizelge 4.10 beraber değerlendirilirse, Çizelge 4.9’da haslık değeri en iyi olan denemenin Çizelge 4.10’da en az toplam renk farkına sahip olması gerekmektedir. Yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları incelendiğinde, yıkama kimyasalı olmadan yapılan denemelerde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 14,442 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkama en düşük haslığa sahiptir. Hidrosülfite’ in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 3,660 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 10,832 çıkmıştır. KBH_4 kullanılarak yapılan 3D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 1,898 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH_4 kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemelerinde derişimin artmasıyla doğru orantılı olarak renk farkında azalma görülmemiştir. Fakat 3D denemesinde en az renk farkının olduğu belirlenmiştir. Dispergator kullanımıyla genellikle toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir.

Redüktif yıkama çalışmaları grup 1’den sonra KBH₄ denemelerinden Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için en iyi haslık değerinin 3 ve 2D denemesinin verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle sıcaklık ve pH denemeleri, bu konsantrasyonlar üzerinden devam etmiştir. KBH₄ denemelerinden 3 ve 2D denemeleri asidik, nötr, alkali ortamlarda 80°C denemeleri yapılmıştır. 3 ve 2D denemeleri 90°C’de pH değeri 9-10 olarak denenmiştir.

Çizelge 4.11. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	5	3/4	4/5
Soğuk Durulama	-	-	3/4	3/4	4	4/5	3	3	4	4/5	4/5	5	4	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Hidrosülfıt	-	11-12	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5
2DP	80	9-10	4	4	4	4/5	3/4	3/4	4	4/5	4/5	5	4	4/5
2DAS	80	4-5	4	4	4/5	4/5	3	3/4	4	4/5	5	5	4/5	4/5
2DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	5	5
2DAL	80	11-12	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	5	4/5
3P	80	9-10	4	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	5	4/5	5	4	5
3AS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	5	5
3NÖ	80	7-8	4	4	4/5	4/5	3	3/4	4	4/5	5	5	4/5	4/5
3AL	80	11-12	4	4	4/5	4/5	3	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2DT	90	9-10	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	4/5
3T	90	9-10	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.11 ‘de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin sonuçları yukarıda verilmiştir.

Çizelge 4.11. incelendiğinde, işlemsiz numune ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3’tür. KBH₄ denemelerinden 2DNÖ denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemeleriyle hidrosülfıt karşılaştırıldığında ise, hidrosülfıt’ in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, KBH₄ denemelerinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin en iyi haslık değeri 4 çıkmıştır. Potasyum bor hidrür hidrosülfıt ile benzer sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.11 sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık

değeri 4/5 çıkmıştır. 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4 iken, 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında yarım puan iyileşmeler görülmektedir. pH parametresine göre incelendiğinde; KBH₄ denemelerinde 2 g/L olan denemelerde nötr ve alkali ortamda iyi sonuç verirken, 3 g/L olan denemelerde hafif alkali ve asidik ortamda daha iyi sonuç vermiştir. Konsantrasyon parametresi açısından değerlendirildiğinde iki konsantrasyonunda iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12 'de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin yıkamaya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.12. Setapers Blue FBL-N yıkamaya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	10,103	3,938	11,087	2,967	1,261	3,353
Soğuk Durulama	-	-	9,549	4,011	14,442	3,614	1,713	3,206
Kaynar Yıkama	-	-	6,349	3,080	7,400	2,196	1,165	2,085
Hidrosülfid	-	11-12	1,959	1,019	3,660	2,669	1,171	0,744
2DP	80	9-10	5,599	2,447	8,689	2,092	1,368	1,761
2DAS	80	4-5	6,177	2,999	10,793	3,854	1,416	3,399
2DNÖ	80	7-8	3,208	1,989	6,629	2,207	1,279	1,343
2DAL	80	11-12	3,986	2,151	7,391	2,670	1,161	1,913
3P	80	9-10	4,644	1,778	5,538	1,425	1,175	1,461
3AS	80	4-5	3,563	1,737	6,726	2,372	1,038	1,286
3NÖ	80	7-8	6,253	2,843	10,237	3,810	1,284	3,648
3AL	80	11-12	5,833	3,382	10,511	3,189	1,526	3,504
2DT	90	9-10	2,077	1,105	3,416	0,711	0,499	0,543
3T	90	9-10	1,797	1,193	4,485	1,190	0,790	1,632

Çizelge 4.12.'deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 2DP denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,447 iken, 90°C yapılan 2DT denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,105 çıkmıştır. 80°C yapılan 2DP denemesinin yıkama

sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 8,689 iken 90°C yapılan 2DT denemesinin toplam renk farkı değeri 3,416 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,778 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı 1,193 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 5,538 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı değeri 4,485 çıkmıştır. Bu sonuçlar irdelendiğinde, sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir. pH parametresi açısından incelendiğinde; 2 g/L olan denemelerde 2DNÖ denemesinin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir.

3 g/L olan denemelerde asidik ortamdaki denemelerin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkına bakıldığında 3 g/L olan denemelerin renk farkının az olduğu görülürken, yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkına bakıldığında 2 g/L olan denemelerinin renk farkının az olduğu görülmektedir. Hidrosülfite ile KBH_4 'ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfite in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 3,660 iken, KBH_4 kullanılanlarda toplam renk farkı hidrosülfitten daha yüksek çıkmıştır.

Boyarmadde cinsi ile yıkamada kullanılan konsantrasyonlar arasında bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Çünkü Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için en iyi haslık değeri dispergator eşliğinde 2 gram/litre KBH_4 ile ve dispergatorsüz 3 gram/litre uygulamaları ile elde edilmiştir. Setapers Red E3BN için ise en iyi haslık değeri dispergator eşliğinde 3D gram/litre KBH_4 ile ve dispergatorsüz 5 gram/litre uygulamaları ile elde edilmiştir. Dispergator kullanımı ile KBH_4 derişimi düşürülebilmştir.

4.2.2. Suya karşı renk haslığı test sonuçları

Suya karşı renk haslığı testi yapılmıştır. Suya karşı renk haslığı ile ilgili test sonuçları Çizelge 4.13.- Çizelge 4.20. arasında gösterilmiştir. Çizelge 4.13'te kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.13. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama denemelerinden elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 3/4'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmayanların haslığının daha düşük olduğu tespit

edilmiştir. Bu haslık değerinin daha yüksek olması için KBH_4 kullanılarak yıkamalar yapılmıştır. Ayrıca endüstride en çok kullanılan hidrosülfitle de yıkamalar yapılmıştır. Bunun yanında ek olarak ticari olarak kullanılan üç farklı marka ile de denemeler yapılmıştır. KBH_4 kullanılarak yapılan 3D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 ‘tir. Hidrosülfitle’ in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır.

Bu sonuçlara bakıldığında hidrosülfitle ve diğer ticari markalarla KBH_4 kullanılarak yapılan denemelerinin haslık sonucu aynı olduğu görülmüştür. Konsantrasyon parametresi açısından incelendiğinde; KBH_4 kullanılarak yapılan denemelerde 1 g/L yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4 iken, 4 g/L olan denemenin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan ise KBH_4 derişiminin artmasıyla haslık sonuçlarının iyileştiği belirlenmiştir. KBH_4 kullanımının yanında dispergatör kullanımı ise haslık değerini genellikle yarım puan iyileştirmiştir. Dispergatörün yıkama prosesinde açığa çıkan boyarmaddenin askıda kalarak, kumaşı tekrar kirlenmesini engellemiştir.

Çizelge 4.13. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4/5	4	3/4	3/4	3	3/4	4	4/5	4	4
Soğuk Durulama	4	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kaynar Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Hidrosülfitle	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1D	4/5	4/5	4	4/5	3/4	3/4	4	4/5	5	5	4/5	4/5
1	4/5	4/5	4	4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
2	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3D	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
3	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
4D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5D	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5
5	4	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
VESTP	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Enzimsard	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Nanoredüktan	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Çizelge 4.14 ‘de kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.14. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	6,549	5,145	10,439	9,192	3,956	6,623
Soğuk Durulama	6,524	3,709	6,359	4,180	2,183	3,066
Kaynar Yıkama	3,883	2,658	4,501	2,946	1,817	3,661
1D	4,376	3,177	8,058	4,033	1,569	3,138
1	4,685	4,600	6,082	4,790	2,371	3,001
2D	3,735	2,668	5,876	3,540	1,494	2,597
2	4,262	2,595	5,139	3,250	2,145	3,567
3D	2,205	1,440	2,886	1,431	0,762	0,761
3	4,609	2,983	5,409	3,234	2,326	4,006
4D	2,008	1,695	2,213	1,679	0,664	1,033
4	4,786	3,463	4,955	3,010	2,364	4,234
5D	3,097	2,302	4,123	2,572	1,007	1,897
5	4,118	3,210	5,175	3,655	2,774	4,080
VESTP	4,189	2,667	4,666	7,673	2,115	3,466
Enzimsard	3,996	2,511	4,359	3,548	1,974	3,238
Nanoredüktan	3,777	1,997	3,715	3,296	1,947	2,591

Çizelge 4.13. ile Çizelge 4.14. beraber değerlendirilirse Çizelge 4.13’de haslık değeri en iyi olan denemenin Çizelge 4.14’de en az toplam renk farkına sahip olması gerekmektedir. Suya karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkama da yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 10,439 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahiptir. Ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 3,715 çıkmıştır. KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,213 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH₄ kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemelerinde derişimin artmasıyla genel olarak toplam renk farkı azalmıştır. Dispergator kullanımı 1 g/L ve 2 g/L olan deneme hariç toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.15’te kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.15. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4/5	4	3/4	3/4	3	3/4	4	4/5	4	4
Soğuk Durulama	-	-	4	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5P	80	9-10	4	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5AS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
5NÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5
5AL	80	11-12	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
3DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5
3DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5
3DAL	80	11-12	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
5T	90	9-10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3DT	90	9-10	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5

Redüktif yıkama grup 1 çalışmalarından sonra KBH_4 denemelerinden kırmızı renk için en iyi haslık değerinin 5 ve 3D denemesinin verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle sıcaklık ve pH denemeleri bu konsantrasyonlar üzerinden devam etmiştir. KBH_4 denemelerinden 5 ve 3D asidik, nötr ve alkali ortamda 80°C denenmiştir. Ardından KBH_4 denemelerinden 5 ve 3D numuneleri 90°C’de, 9-10 pH değerinde denenmiştir.

Çizelge 4.15. incelendiğinde, işlemsiz ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 ‘tür. KBH_4 denemelerinden 3DP denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.15. sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 5P denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 5T denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 5P denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 5T denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3 g/L olan denemelerde sıcaklığın etkisi görülmemiştir. Bu sonuçlara göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında yarım puan iyileşmeler görülmektedir. pH

parametresine göre incelendiğinde; pH değerinin değişmesiyle haslıkların da değişmediği tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresine göre irdelendiğinde konsantrasyon değişiminin haslıklara etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 ‘da kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.16. Setapers Red E3BN suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	6,549	5,145	10,439	9,192	3,956	6,623
Soğuk Durulama	-	-	6,524	3,709	6,359	4,180	2,183	3,066
Kaynar Yıkama	-	-	3,883	2,658	4,501	2,946	1,817	3,661
5P	80	9-10	4,118	3,210	5,175	3,655	2,774	4,080
5AS	80	4-5	1,895	1,518	1,894	1,430	0,625	1,400
5NÖ	80	7-8	1,917	1,953	3,100	1,731	0,834	1,416
5AL	80	11-12	2,026	2,874	7,006	3,469	2,074	4,001
3DP	80	9-10	2,205	1,440	2,886	1,431	0,762	0,761
3DAS	80	4-5	2,800	1,625	3,529	2,247	1,097	1,909
3DNÖ	80	7-8	3,123	1,994	3,296	1,954	0,750	1,815
3DAL	80	11-12	3,994	2,070	3,873	3,243	1,588	1,183
5T	90	9-10	0,779	0,425	0,648	0,495	0,372	0,668
3DT	90	9-10	1,747	1,246	1,896	1,013	0,490	1,099

Çizelge 4.16.’daki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 5P denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 3,210 iken, 90°C yapılan 5T denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,425 çıkmıştır.

80°C yapılan 5P denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 5,175 iken 90°C yapılan 5T denemesinin toplam renk farkı değeri 0,648 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,440 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 1,246 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,886 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 1,896 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir. pH parametresi açısından incelendiğinde; 3 g/L olan denemelerde 9-10 pH değerinde en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. 5 g/L olan denemelerde ise asidik ortamda en az toplam renk farkının olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon

parametresi açısından irdelendiğinde ise, yüksek sıcaklıkta 5 g/L denemesinin toplam renk farkı değeri en düşük iken, düşük sıcaklıkta 3 g/L denemesinin toplam renk farkının düşük olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.17’de mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.17. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4	4/5	3/4	4	4	4/5	4/5	5	3/4	4/5
Soğuk Durulama	4	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Kaynar Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	4	4/5
Hidrosülfid	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
1	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
2D	4/5	4/5	5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
2	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	4	4/5
3D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
3	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4	5
4D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5
5D	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	5
5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
VESTP	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	3/4
Enzimsard	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Nanoredüktan	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5

Çizelge 4.17. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan denemelerde elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 4’tür. KBH₄ kullanılarak yapılan 2D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 5 ‘tir. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında KBH₄ denemesi, ticari markalar ve indirgen madde kullanılmadan yapılan yıkamaların sonuçları genel olarak aynı sonuç verdiği görülmüştür. KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde konsantrasyon değişimiyle birlikte haslıklarda çok büyük etki görülmemiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle yarım puan iyileştirmiştir.

Çizelge 4.18 ‘de mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.18. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	6,667	4,320	5,587	1,904	1,560	2,557
Soğuk Durulama	5,709	3,362	4,546	1,838	1,690	2,725
Kaynar Yıkama	4,696	2,928	4,712	2,931	1,757	2,381
1D	2,307	1,859	2,956	1,484	0,750	1,014
1	4,197	2,707	4,004	1,895	1,382	2,372
2D	1,526	0,676	1,174	0,669	0,593	0,327
2	3,968	2,606	3,097	1,743	1,599	2,555
3D	1,070	0,613	0,906	0,489	0,349	0,150
3	1,937	0,598	0,860	0,704	0,929	0,843
4D	0,800	0,703	0,787	0,514	0,454	0,107
4	3,399	2,265	2,713	1,443	1,444	1,784
5D	2,999	2,424	3,774	1,984	1,137	1,370
5	3,453	2,186	3,414	1,370	1,084	1,305
VESTP	3,635	2,380	3,801	1,463	1,409	8,553
Enzimsard	3,439	2,102	3,533	2,491	1,462	2,180
Nanoredüktan	2,875	2,612	3,977	1,419	1,310	2,163

Çizelge 4.18. incelendiğinde, suya karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, yıkama kimyasalı olmadan yapılan denemelerde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 5,587 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahiptir.

Ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 3,533 çıkmıştır. KBH_4 kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,787 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH_4 kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemelerinde derişimin artmasıyla genellikle renk farkında azalma görülmüştür. Dispergator kullanımı genellikle toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir.

Redüktif yıkama çalışmaları grup 1’den sonra KBH_4 denemelerinden Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için en iyi haslık değerinin 3 ve 2D denemesinin verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle sıcaklık ve pH denemeleri, bu konsantrasyonlar üzerinden devam etmiştir. KBH_4 denemelerinden 3 ve 2D denemeleri asidik, nötr, alkali ortamlarda 80°C denemeleri yapılmıştır. 3 ve 2D 90°C’de, pH değeri 9-10 denenmiştir.

Çizelge 4.19’da mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.19. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4	4/5	3/4	4	4	4/5	4/5	5	3/4	4/5
Soğuk Durulama	-	-	4	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	4	4/5
2DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	4	4/5
2DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5
2DNÖ	80	7-8	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
2DAL	80	11-12	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3P	80	9-10	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4	5
3AS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
3NÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3AL	80	11-12	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5
2DT	90	9-10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3T	90	9-10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.19. incelendiğinde, işlemsiz numune ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4’tür. KBH₄ denemelerinden 3P denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C ve 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda ve pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3 g/L olan denemede sıcaklığın etkisi yoktur. pH parametresine göre incelendiğinde; KBH₄ denemelerinde 2 g/L olan denemelerde pH değerinin değişmesinin etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. 3 g/L olan denemelerde alkali ortamda daha iyi sonuç

vermiştir. Konsantrasyon parametresi açısından değerlendirildiğinde iki konsantrasyonunda iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20 'de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin suya karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.20.'deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 2DP denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,606 iken, 90°C yapılan 2DT denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,665 çıkmıştır. 80°C yapılan 2DP denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 3,097 iken 90°C yapılan 2DT denemesinin toplam renk farkı değeri 1,307 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,598 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı değeri 0,674 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,860 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı değeri 1,155 çıkmıştır.

Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir. pH parametresi açısından incelendiğinde; 2 g/L olan denemelerde multifiberdeki naylonun temize göre renk farkı 2DNÖ denemesinin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. 3 g/L olan denemelerde hafif alkali ortamdaki denemelerin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yıkama sonrası multifiberdeki naylon ve pamuk lifinin temize göre toplam renk farkına bakıldığında 3 g/L olan denemelerin renk farkının az olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Setapers Blue FBL-N suya karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	6,667	4,320	5,587	1,904	1,560	2,557
Soğuk Durulama	-	-	5,709	3,362	4,546	1,838	1,690	2,725
Kaynar Yıkama	-	-	4,696	2,928	4,712	2,931	1,757	2,381
2DP	80	9-10	3,968	2,606	3,097	1,743	1,599	2,555
2DAS	80	4-5	2,952	1,936	3,176	1,591	0,896	0,999
2DNÖ	80	7-8	2,804	2,112	3,066	1,796	1,238	1,216
2DAL	80	11-12	3,035	2,372	3,847	1,765	1,014	1,647
3P	80	9-10	1,937	0,598	0,860	0,704	0,929	0,843
3AS	80	4-5	2,407	1,794	3,079	0,633	0,811	0,997
3NÖ	80	7-8	2,803	2,205	3,943	1,894	0,955	0,931
3AL	80	11-12	2,178	1,666	2,637	1,043	0,554	0,500
2DT	90	9-10	1,198	0,665	1,307	0,585	0,446	0,727
3T	90	9-10	1,395	0,674	1,155	0,580	0,665	0,568

Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için en iyi haslık değeri dispersgator eşliğinde 2 gram/litre KBH_4 ve dispersgatorsüz 3 gram/litre KBH_4 uygulamaları ile elde edilmiştir. Setapers Red E3BN için ise en iyi haslık değeri dispersgator eşliğinde 3D gram/litre KBH_4 ve dispersgatorsüz 5 gram/litre uygulamaları ile elde edilmiştir. Su haslığı performansını iyileştirmek daha kolay olmuştur. KBH_4 kullanılarak yapılan yıkamalarda indirgen madde kullanılmadan yapılan yıkamalara göre yarım puan iyileşmeler görülmektedir. İndirgen madde olmadan yapılan yıkamalara göre dispersgatorlü yıkamalarda bir puan iyileşmeler görülürken, dispersgatorlü yıkamalar ve dispersgatorsüz yıkamalar genel olarak aynı olduğu görülmüştür.

4.2.3. Asidik tere karşı renk haslığı sonuçları

Asidik tere karşı renk haslığı testi yapılmıştır. Asidik tere karşı renk haslığı ile ilgili test sonuçları Çizelge 4.21.- Çizelge 4.28. arasında gösterilmiştir. Çizelge 4.21’de kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.21. Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Soğuk Durulama	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	5	4/5
Kaynar Yıkama	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5
Hidrosülfite	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5	5	4/5	4/5	4/5
1	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5
2D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5	5	5	4/5	4/5
2	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4/5	4/5	4/5	5	4/5
3D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
3	4	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
4D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5D	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
VESTP	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5
Enzimsard	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5
Nanoredüktan	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5

Çizelge 4.21. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama denemelerinden elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 3/4'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmayanların haslığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 'tir. Hidrosülfite 'in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır.

Bu sonuçlara bakıldığında hidrosülfite 'in ve diğer ticari markalarla KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin benzer haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde; KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde 1 g/L yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4 iken, 4 g/L olan denemenin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan ise KBH₄ derişiminin artmasıyla haslık sonuçlarının iyileştiği belirlenmiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle etkilememiştir.

Çizelge 4.22 ‘de kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.22. Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	7,193	5,324	9,192	5,997	2,057	5,228
Soğuk Durulama	3,694	3,295	5,192	3,735	1,661	3,590
Kaynar Yıkama	4,913	2,429	4,389	4,578	2,014	3,244
Hidrosülfite	0,157	0,231	0,456	0,117	0,113	0,214
1D	4,916	3,594	6,826	3,991	1,791	3,100
1	5,197	3,343	5,163	3,588	2,314	2,777
2D	3,464	2,675	5,372	3,738	1,478	2,713
2	4,317	2,574	5,412	3,650	2,399	2,532
3D	2,796	1,956	2,712	1,487	1,004	1,209
3	5,006	2,793	6,743	3,347	2,560	2,964
4D	1,906	1,778	2,030	0,983	1,166	0,752
4	2,889	1,672	2,821	3,409	2,502	2,469
5D	4,794	3,813	4,703	3,223	1,747	2,575
5	3,320	2,434	5,224	2,301	2,466	3,382
VESTP	5,118	2,491	4,633	3,236	1,603	2,457
Enzimsard	4,468	2,303	4,522	2,750	1,541	2,530
Nanoredüktan	4,576	1,938	3,469	2,751	1,783	2,163

Asidik tere karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkama da yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 9,192 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahiptir. Hidrosülfite’ in yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,456 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 3,469 çıkmıştır.

KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,030 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az hidrosülfite kullanılan yıkama olduğu belirlenmiştir. Daha sonra toplam renk farkının en az KBH₄ kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemelerinde derişimin artmasının toplam renk farkına fazla etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Dispergatör kullanımı ise, toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir. Çizelge 4.23’de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.23. Setapers Red E3BN asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Soğuk Durulama	-	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	5	5	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5
Hidrosülfite	-	11-12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5P	80	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5AS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	5
5NÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	5	5	5
5AL	80	11-12	4	4	3/4	4	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
3DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	5
3DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3DAL	80	11-12	4	4	4	4	3/4	3/4	4/5	4/5	5	4/5	5	5
5T	90	9-10	5	5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
3DT	90	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	5

Çizelge 4.23. incelendiğinde, işlemsiz ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 3/4 ‘tür. KBH₄ denemelerinden 3DP denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemeleriyle hidrosülfite karşılaştırıldığında ise, hidrosülfite’ in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 5 iken, 3DP denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır.

Çizelge 4.23 sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 5P denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4 iken, 5T denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. 3 g/L olan denemelerde multifiberdeki naylonda oluşan kirletmede sıcaklığın etkisi görülmemiştir. Bu sonuçlara göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında yarım puan kadar iyileşmeler görülmektedir. Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde 3 g/L olan denemenin haslık değerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. pH parametresine göre incelendiğinde; iki konsantrasyon için pH değeri 7-8 olan denemelerin diğer ortamlara göre en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24 ‘de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.24.’deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 5P denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,434 iken, 90°C yapılan 5T denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,807 çıkmıştır. 80°C yapılan 5P denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 5,224 iken 90°C yapılan 5T denemesinin toplam renk farkı değeri 2,431 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,956 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 1,764 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,712 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 3,772 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir.

pH parametresi açısından incelendiğinde; 9-10 pH değerinde en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yüksek sıcaklıkta 5 g/L denemesinin toplam renk farkı değerinin en düşük olduğu belirlenmiştir.

Hidrosülfite ile KBH₄ ‘ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfite in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,456 iken, 3DP denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,712 çıkmıştır.

Çizelge 4.24. Setapers Red E3BN Asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	° C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	7,193	5,324	9,192	5,997	2,057	5,228
Soğuk Durulama	-	-	3,694	3,295	5,192	3,735	1,661	3,590
Kaynar Yıkama	-	-	4,913	2,429	4,389	4,578	2,014	3,244
Hidrosülfite	-	11-12	0,157	0,231	0,456	0,117	0,113	0,214
5P	80	9-10	3,320	2,434	5,224	2,301	2,466	3,382
5AS	80	4-5	4,202	7,065	4,695	1,983	1,520	1,555
5NÖ	80	7-8	2,809	3,929	4,777	2,801	1,447	1,406
5AL	80	11-12	5,835	6,021	11,380	6,350	2,901	4,916
3DP	80	9-10	2,796	1,956	2,712	1,487	1,004	1,209
3DAS	80	4-5	3,851	3,691	5,254	3,826	2,849	2,275
3DNÖ	80	7-8	3,129	3,406	4,225	2,163	1,108	1,550
3DAL	80	11-12	6,624	5,474	9,527	3,296	2,119	1,762
5T	90	9-10	1,069	0,807	2,431	0,974	1,079	0,965
3DT	90	9-10	2,803	1,764	3,772	1,837	1,377	1,232

Çizelge 4.25’de mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.25. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan denemelerde elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 3/4’tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmadığı için askıda kalan boyarmaddeler temizlenmemiş ve haslığı düşürdüğü tespit edilmiştir.

KBH₄ kullanılarak yapılan 1D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 5 ‘tir. Hidrosülfıt’ in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında KBH₄ denemesinin hidrosülfitten ve diğer ticari markalardan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde konsantrasyon değişimiyle birlikte haslıklarda çok büyük etki görülmemiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle iyileştirmiştir.

Çizelge 4.25. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Kaynar Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Hidrosülfıt	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
1D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
1	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
2D	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
2	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4	4/5
3D	4/5	5	4/5	5	5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
3	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5
4D	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5D	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	4/5
VESTP	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Enzimsard	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Nanoredüktan	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5

Çizelge 4.26 ‘da mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.26. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	6,680	5,714	9,219	4,402	3,365	4,684
Soğuk Durulama	5,551	4,167	7,476	3,406	2,712	3,806
Kaynar Yıkama	3,666	2,458	4,546	2,124	2,127	2,695
Hidrosülfite	0,416	0,213	1,527	1,324	0,312	1,276
1D	0,991	0,932	1,500	0,655	0,832	0,695
1	3,015	2,144	3,826	2,006	2,079	2,499
2D	1,436	1,093	2,072	0,704	0,974	0,671
2	1,689	0,555	3,388	1,654	1,837	2,523
3D	0,893	0,594	0,946	0,542	1,038	0,628
3	3,004	1,669	3,049	1,504	1,825	2,081
4D	1,329	0,771	1,245	0,657	1,051	0,763
4	3,229	2,373	3,493	1,695	1,848	2,224
5D	2,970	1,790	3,287	1,566	1,105	1,231
5	1,852	1,118	2,229	1,175	1,563	2,147
VESTP	3,108	2,226	4,023	1,771	1,702	2,039
Enzimsard	3,386	1,863	3,248	1,882	1,616	1,606
Nanoredüktan	2,734	2,054	3,357	3,248	1,646	2,027

Asidik tere karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, yıkama kimyasalı olmadan yapılan denemelerde yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 9,219 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahiptir. Hidrosülfite’ in yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı 1,527 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 3,248 çıkmıştır. KBH_4 kullanılarak yapılan 3D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki nylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,946 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH_4 kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemelerinde derişimin artmasıyla doğru orantılı olarak renk farkında azalma görülmemiştir. Fakat 3D denemesinde en az renk farkının olduğu belirlenmiştir. Dispergator kullanımıyla genellikle toplam renk farkının düştüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.27’de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.27. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	-	-	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Hidrosülfite	-	11-12	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
2DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4	4/5
2DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
2DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5
2DAL	80	11-12	5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
3P	80	9-10	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5
3AS	80	4-5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3NÖ	80	7-8	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	5
3AL	80	11-12	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
2DT	90	9-10	5	4/5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3T	90	9-10	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.27. incelendiğinde, işlemsiz ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 ‘tür. KBH₄ denemelerinden 3P denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemeleriyle hidrosülfite karşılaştırıldığında ise, hidrosülfite’ in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, KBH₄ denemelerinden 3P denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Potasyum bor hidrür hidrosülfitten yüksek sonuç vermiştir. Çizelge 4.27. Sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C ve 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamuk ve naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre sıcaklık

arttıkça haslık sonuçlarında yarım puan iyileşmeler görülmektedir. pH parametresine göre incelendiğinde; KBH₄ denemelerinde 2 g/L ve 3 g/L olan denemelerde pH değerinin değişmesinin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Konsantrasyon parametresi açısından değerlendirildiğinde iki konsantrasyonunda iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.28 ‘de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin asidik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.28. Setapers Blue FBL-N asidik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	6,680	5,714	9,219	4,402	3,365	4,684
Soğuk Durulama	-	-	5,551	4,167	7,476	3,406	2,712	3,806
Kaynar Yıkama	-	-	3,666	2,458	4,546	2,124	2,127	2,695
Hidrosülfid	-	11-12	0,416	0,213	1,527	1,324	0,312	1,276
2DP	80	9-10	1,689	0,555	3,388	1,654	1,837	2,523
2DAS	80	4-5	2,428	3,046	4,068	2,189	1,922	2,195
2DNÖ	80	7-8	2,672	1,872	2,830	1,699	1,901	1,103
2DAL	80	11-12	2,374	1,634	2,836	0,562	0,681	0,278
3P	80	9-10	3,004	1,669	3,049	1,504	1,825	2,081
3AS	80	4-5	2,179	1,856	3,413	1,875	1,185	1,004
3NÖ	80	7-8	2,641	2,132	3,392	1,901	0,503	1,009
3AL	80	11-12	2,667	2,032	2,871	1,506	1,210	1,218
2DT	90	9-10	1,408	1,283	2,737	1,469	0,780	1,460
3T	90	9-10	1,633	0,839	1,413	1,059	0,979	0,701

Çizelge 4.28.’deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 2DP denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,555 iken, 90°C yapılan 2DT denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,283 çıkmıştır. 80°C yapılan 2DP denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 3,388 iken 90°C yapılan 2DT denemesinin toplam renk farkı değeri 2,737 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,669 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı değeri 0,839 çıkmıştır. 80°C yapılan 3P olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 3,049 iken, 90°C yapılan 3T denemesinin toplam renk farkı değeri 1,413 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir.

pH parametresi açısından incelendiğinde; 2 g/L olan denemelerde 2DNÖ denemesinin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. 3 g/L olan denemelerde 3AL olan ortamdaki denemelerin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkına bakıldığında 3 g/L olan denemelerin renk farkının az olduğu görülürken, yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkına bakıldığında 2 g/L olan denemelerinin renk farkının az olduğu görülmektedir. Hidrosülfite ile KBH_4 'ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfite in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 1,527 iken, KBH_4 kullanılanlarda toplam renk farkı hidrosülfitten daha düşük çıkmıştır.

4.2.4. Bazik tere karşı renk haslığı sonuçları

Bazik tere karşı renk haslığı testi yapılmıştır. Bazik tere karşı renk haslığı ile ilgili test sonuçları Çizelge 4.29- Çizelge 4.36. arasında gösterilmiştir. Çizelge 4.29'da kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.29. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Soğuk Durulama	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
Kaynar Yıkama	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	5	4/5
Hidrosülfite	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1D	4/5	4/5	4	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
1	4	4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
2D	4/5	4/5	4	4	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
2	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
3D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	5
3	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
4D	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5	4/5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5D	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	5	5	4/5	4/5
5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
VESTP	4/5	4	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
Enzimsard	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
Nanoredüktan	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5	5	4/5

Çizelge 4.29. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan işlemsiz numune, soğuk durulama, kaynar yıkama denemelerinden elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değerleri 3/4'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmayanların haslığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 'tir. Hidrosülfite 'in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında hidrosülfite 'in en iyi sonuç verdiği ve diğer ticari markalarla KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinin aynı haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde; KBH₄ kullanılarak yapılan denemelerde 1D olan yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4 iken, 4D olan denemenin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan ise KBH₄ derişiminin artmasıyla haslık sonuçlarının iyileştiği belirlenmiştir. KBH₄ kullanımının yanında dispergator kullanımı ise haslık değerini genellikle etkilememiştir.

Çizelge 4.30 'da kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.30. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	7,236	5,997	10,228	6,237	1,857	4,338
Soğuk Durulama	7,742	2,752	5,628	3,659	1,957	2,228
Kaynar Yıkama	5,447	2,060	2,777	1,711	2,363	2,314
Hidrosülfite	0,512	0,324	0,613	0,181	0,236	0,456
1D	4,418	3,653	6,652	4,582	1,814	3,069
1	5,170	2,210	3,467	2,166	2,349	2,102
2D	3,676	5,405	6,940	3,474	1,779	1,996
2	4,923	2,107	3,731	2,406	2,143	2,608
3D	3,267	2,689	5,341	2,705	1,689	1,742
3	5,348	3,225	7,247	3,970	2,138	4,034
4D	2,485	1,921	2,183	1,356	1,132	2,128
4	4,643	2,669	5,544	3,167	2,171	3,411
5D	2,288	2,171	4,956	3,098	1,247	2,164
5	4,049	2,924	5,986	2,730	2,014	4,067
VESTP	5,505	1,479	3,273	2,467	2,586	2,170
Enzimsard	5,272	1,741	3,484	2,109	2,477	2,025
Nanoredüktan	5,608	2,313	2,585	1,723	2,354	2,455

Bazik tere karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkama da yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 10,228 çıkmıştır. Haslıklarda ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkamanın en düşük haslığa sahiptir. Hidrosülfıt' in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,613 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 2,585 çıkmıştır. KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,183 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az hidrosülfıt kullanılan yıkama olduğu belirlenmiştir. Daha sonra toplam renk farkının en az KBH₄ kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir. KBH₄ denemelerinde derişimin artmasının toplam renk farkına fazla etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Dispergatör kullanımı ise, toplam renk farkını genellikle düşürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.31'de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.31. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
Soğuk Durulama	-	-	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	5	4/5
Hidrosülfıt	-	11-12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5P	80	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
5AS	80	4-5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5
5NÖ	80	7-8	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	5	5	5
5AL	80	11-12	4/5	4/5	3/4	4	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4
3DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4/5	5
3DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5
3DAL	80	11-12	4	4	4	4	3	3	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5
5T	90	9-10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3DT	90	9-10	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5	5	5	5	5	4/5	4/5

Çizelge 4.31. incelendiğinde, işlemsiz numune ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 3/4 'tür. KBH₄ denemelerinden 3DNÖ denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirletmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan

numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemeleriyle hidrosülfid karşılaştırıldığında ise, hidrosülfid' in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 iken, 3DNÖ denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Hidrosülfid daha iyi sonuç vermiştir. Çizelge 4.29. sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 5P denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4 iken, 5T denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4 iken, 3DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında bir puana kadar iyileşmeler görülmektedir.

Konsantrasyon parametresine göre değerlendirildiğinde 5 g/L olan denemenin haslık değerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. pH parametresine göre incelendiğinde; iki konsantrasyon için pH değeri 7-8 olan denemelerin diğer ortamlara göre en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.32 'de kırmızı boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.32.'deki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 5P denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,924 iken, 90°C yapılan 5T denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 0,427 çıkmıştır. 80°C yapılan 5P denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 5,986 iken 90°C yapılan 5T denemesinin toplam renk farkı değeri 0,644 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,689 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 1,359 çıkmıştır. 80°C yapılan 3DP olan denemede yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 5,341 iken, 90°C yapılan 3DT denemesinin toplam renk farkı değeri 2,222 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının azaldığı görülmektedir.

pH parametresi açısından incelendiğinde; 9-10 pH değerinde en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yüksek sıcaklıkta 5 g/L denemesinin toplam renk farkı değerinin en düşük olduğu

belirlenmiştir. Hidrosülfite ile KBH_4 'ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfite' in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,613 iken, 5T denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,644 çıkmıştır.

Çizelge 4.32. Setapers Red E3BN bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	7,236	5,997	10,228	6,237	1,857	4,338
Soğuk Durulama	-	-	7,742	2,752	5,628	3,659	1,957	2,228
Kaynar Yıkama	-	-	5,447	2,060	2,777	1,711	2,363	2,314
Hidrosülfite	-	11-12	0,512	0,324	0,613	0,181	0,236	0,456
5P	80	9-10	4,049	2,924	5,986	2,730	2,014	4,067
5AS	80	4-5	2,522	3,651	3,568	2,238	1,759	1,942
5NÖ	80	7-8	3,276	2,450	4,344	2,148	1,182	1,184
5AL	80	11-12	4,715	5,991	13,774	7,023	3,150	5,232
3DP	80	9-10	3,267	2,689	5,341	2,705	1,689	1,742
3DAS	80	4-5	3,759	3,565	6,251	3,466	1,760	2,031
3DNÖ	80	7-8	2,716	2,817	4,727	2,689	1,497	1,681
3DAL	80	11-12	7,938	6,493	12,055	5,251	2,672	4,429
5T	90	9-10	1,098	0,427	0,644	0,462	0,537	1,021
3DT	90	9-10	1,898	1,359	2,222	1,585	0,632	2,241

Çizelge 4.33'de kırmızı boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.33. incelendiğinde, indirgen madde kullanılmadan yapılan denemelerde elde edilen numunelerin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değerleri 3/4'tür. Bu sonuca bakıldığında yıkama maddesi kullanılmadığı için askıda kalan boyarmaddeler temizlenmemiş ve haslığı düşürdüğü tespit edilmiştir. KBH_4 kullanılarak yapılan 2D denemesinin yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 'tir. Hidrosülfite' in yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Ticari olarak kullanılan üç markanın da yıkamada multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında KBH_4 denemesinin hidrosülfitten ve diğer ticari markalardan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

KBH_4 kullanılarak yapılan denemelerde konsantrasyon değişimiyle birlikte haslıklarda çok büyük etki görülmemiştir. KBH_4 kullanımının yanında dispergatör kullanımı ise haslık değerini genellikle iyileştirmiştir.

Çizelge 4.33. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Kaynar Yıkama	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4	4/5
Hidrosülfıt	5	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
1D	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5
1	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
2D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
2	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5
3D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
3	4/5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5
4D	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5	4/5	5
4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
5D	4	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5
5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5
VESTP	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Enzimsard	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5
Nanoredüktan	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5

Çizelge 4.34 ‘de mavi boyarmadde için, grup 1 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları aşağıda verilmiştir.

Bazik tere karşı renk haslığı toplam renk farkı sonuçları incelendiğinde, yıkama kimyasalı olmadan yapılan denemelerde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en yüksek 7,853 çıkmıştır. Hidrosülfıt’ in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 1,211 iken, ticari markaların yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı en düşük 3,543 çıkmıştır. KBH₄ kullanılarak yapılan 4D denemesinde yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 0,605 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre toplam renk farkının en az KBH₄ kullanılarak yapılan deneme olduğu tespit edilmiştir.

KBH₄ denemelerinde derişimin artmasıyla genel olarak toplam renk farkında azalma görülmüştür. Dispergator kullanımı genellikle toplam renk farkını düşürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 1)

NUMUNE KODU	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	6,448	5,012	7,853	3,893	2,869	4,941
Soğuk Durulama	6,682	4,414	7,457	2,895	3,024	4,173
Kaynar Yıkama	4,651	2,640	4,972	2,122	1,986	3,016
Hidrosülfite	0,213	0,817	1,211	1,181	0,115	1,413
1D	3,104	2,395	4,279	1,811	1,312	0,645
1	4,530	2,971	4,937	2,381	1,898	2,570
2D	0,998	0,750	0,911	0,388	0,559	0,528
2	3,500	1,203	2,108	1,551	1,403	2,366
3D	1,167	0,759	0,947	0,549	0,355	0,596
3	1,531	0,491	0,948	0,407	0,854	0,465
4D	0,961	0,390	0,605	0,359	0,669	0,174
4	3,277	1,982	3,858	2,138	1,754	2,619
5D	3,335	2,576	4,400	1,869	1,115	1,344
5	2,972	1,574	3,663	1,543	0,946	1,261
VESTP	3,491	2,276	3,988	1,947	1,792	2,398
Enzimsard	3,477	2,067	3,543	1,425	1,409	2,237
Nanoredüktan	3,706	2,317	4,019	1,604	1,284	1,756

Çizelge 4.35’de mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.35. incelendiğinde, işlemsiz ve soğuk durulama, kaynar yıkamanın yıkama sonrası multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 3/4 ‘tür. KBH_4 denemelerinden 3P denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Buradan yıkama kimyasalı olmadan yapılan numunelerin haslıklarının düşük olduğu tespit edilmiştir. KBH_4 denemeleriyle hidrosülfite karşılaştırıldığında ise, hidrosülfite’ in yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, KBH_4 denemelerinden 3P denemesinin yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Potasyum bor hidrür hidrosülfitten yüksek sonuç vermiştir. Çizelge 4.33. sıcaklık parametresine göre incelendiğinde, 2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır.

2DP denemesinin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 iken, 2DT denemesinin 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 4/5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C yıkamadan sonra

multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 iken, 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. 3P olan denemenin 80°C yıkamadan sonra multifiberdeki pamukta oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 iken, 90°C yıkamadan sonra multifiberdeki naylonda oluşan kirlenmenin haslık değeri 5 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre sıcaklık arttıkça haslık sonuçlarında yarım puan iyileşmeler görülmektedir. pH parametresine göre incelendiğinde; KBH₄ denemelerinde 2 g/L ve 3 g/L olan denemelerde pH değerinin değişmesinin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Konsantrasyon parametresi açısından değerlendirildiğinde iki konsantrasyonunda iyi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.35. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı test sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat		Pamuk		Nylon		Poliester		Akrilik		Yün	
			NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM	NİCEL	SFM
İşlemsiz	-	-	4	4	4	4	3/4	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4	4
Soğuk Durulama	-	-	4	4	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5
Kaynar Yıkama	-	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5	4/5	5	4/5	4	4/5
Hidrosülfid	-	11-12	5	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
2DP	80	9-10	4/5	4/5	4/5	5	4	4/5	4/5	5	4/5	5	4	4/5
2DAS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	4/5
2DNÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5
2DAL	80	11-12	5	4/5	5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	4/5	5	5
3P	80	9-10	4/5	5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	4/5	5
3AS	80	4-5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	4/5	5	5
3NÖ	80	7-8	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5
3AL	80	11-12	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5
2DT	90	9-10	5	4/5	4/5	4/5	4/5	5	5	5	5	5	5	5
3T	90	9-10	5	4/5	5	5	4/5	5	5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.36. Setapers Blue FBL-N bazik tere karşı renk haslığı ΔE sonuçları (Grup 2)

NUMUNE KODU	°C	pH	Asetat	Pamuk	Nylon	Poliester	Akrilik	Yün
İşlemsiz	-	-	6,448	5,012	7,853	3,893	2,869	4,941
Soğuk Durulama	-	-	6,682	4,414	7,457	2,895	3,024	4,173
Kaynar Yıkama	-	-	4,651	2,640	4,972	2,122	1,986	3,016
Hidrosülfid	-	11-12	0,213	0,817	1,211	1,181	0,115	1,413
2DP	80	9-10	3,500	1,203	2,108	1,551	1,403	2,366
2DAS	80	4-5	2,682	2,198	3,860	1,807	1,771	1,547
2DNÖ	80	7-8	2,809	3,372	4,278	1,947	1,419	1,372
2DAL	80	11-12	3,258	2,237	3,002	0,591	1,274	0,380
3P	80	9-10	1,531	0,491	0,948	0,407	0,854	0,465
3AS	80	4-5	2,914	1,938	3,503	1,922	1,564	1,460
3NÖ	80	7-8	3,001	2,298	3,379	1,883	1,402	1,423
3AL	80	11-12	2,101	1,477	2,758	1,233	1,045	1,001
2DT	90	9-10	2,618	2,205	3,421	1,204	0,993	0,200
3T	90	9-10	2,447	1,202	1,754	0,614	0,552	0,438

Çizelge 4.36 ‘da mavi boyarmadde için, grup 2 olarak adlandırılan redüktif yıkama denemelerinin bazik tere karşı renk haslığı testinin, refakat bezinin toplam renk farkı sonuçları yukarıda verilmiştir.

Çizelge 4.36.’daki sonuçlar sıcaklık parametresi açısından incelendiğinde, 80°C yapılan 2DP denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 1,203 iken, 90°C yapılan 2DT denemesi için yıkama sonrası multifiberdeki pamuk lifinin temize göre toplam renk farkı 2,205 çıkmıştır. 80°C yapılan 2DP denemesinin yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 2,108 iken 90°C yapılan 2DT denemesinin toplam renk farkı değeri 3,421 çıkmıştır. Bu sonuçlardan da sıcaklık arttıkça renk farkının arttığı görülmektedir. pH parametresi açısından incelendiğinde; 2 g/L olan denemelerde 2DP denemesinin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir. 3 g/L olan denemelerde 3P olan ortamdaki denemelerin en az toplam renk farkının olduğu tespit edilmiştir.

Konsantrasyon parametresi açısından irdelendiğinde ise, yıkama sonrası multifiberdeki naylon ve pamuk lifinin temize göre toplam renk farklarına bakıldığında 3 g/L olan denemelerin renk farkının az olduğu görülmektedir. Hidrosülfite ile KBH_4 ‘ün toplam renk farkı karşılaştırıldığında hidrosülfite in yıkama sonrası multifiberdeki naylon lifinin temize göre toplam renk farkı 1,211 iken, KBH_4 kullanılanlarda toplam renk farkı hidrosülfitten daha düşük çıkmıştır.

4.2.5. Süblimasyon haslığı test sonuçları

Süblimasyon haslığı test sonuçları Çizelge 4.37 ‘de verilmiştir.

Çizelge 4. 37. Süblimasyon haslığı test sonuçları

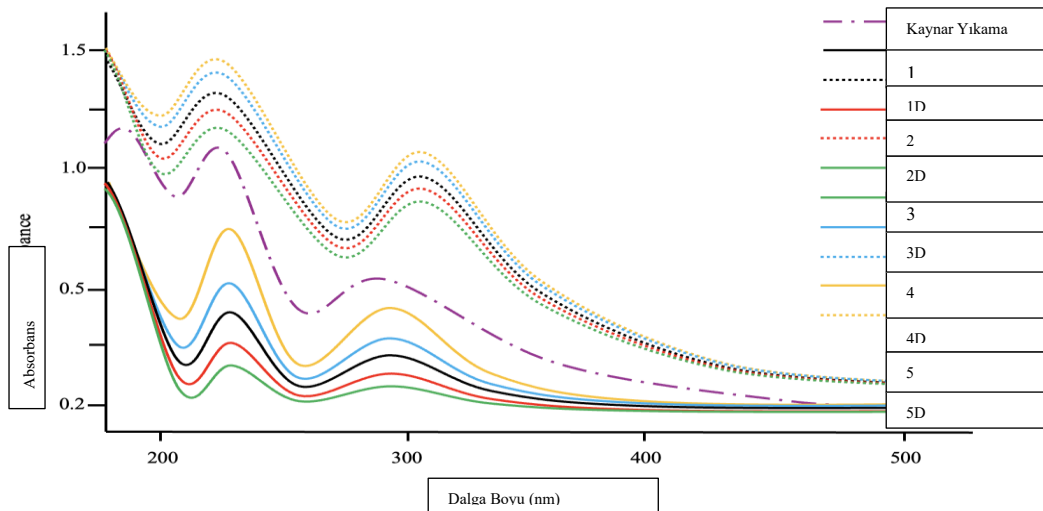
Sıra No	Test Edilen Parametreler	Numuneler					
		İşlemsiz	Soğuk Durulama	Kaynar Yıkama	Hidrosülfite	5 g/L KBH_4	1 g/L KBH_4
1	Isıya karşı renk haslığı (solma) 80°C 4 saat bekletilmiştir.	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2	Sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı (akma) Nemli presleme 150°C	2	3/4	4	4	4/5	4/5
	Sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı (solma)(derhal) Nemli presleme 150°C	4/5	4	4	4/5	4/5	4
	Sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı (solma) (4 saat sonra) Nemli presleme 150°C	4/5	4	4	4/5	4/5	4

Çizelge 4.37. incelendiğinde, sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı solma sonuçlarının tüm numuneler için benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Poliester lifinin yüksek sıcaklıkta ne kadar akacağı önemlidir. Bu nedenle sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı akma sonuçları irdelendiğinde, işlemsiz numunenin haslık sonucu 2, soğuk durulama numunesinin haslık sonucu 3/4 olduğu görülmektedir. Bu denemelerde akmanın fazla olduğu belirlenmektedir. Hidrosülfite ve KBH₄ denemeleri karşılaştırıldığında 5 g/L olan denemenin sonuçlarının tamamı 4/5 olduğu tespit edilmiştir. Hidrosülfite' in ise sıcak presle ütölemeye karşı renk haslığı (akma) Nemli presleme 150°C olan parametrenin haslık değeri 4, diğer parametrelerin ise 4/5 olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre sıcak presleme ile solmanın KBH₄ denemelerinin en iyi olduğu tespit edilmektedir. KBH₄ denemeleri kendi arasında karşılaştırıldığında ise 5 g/L olan denemenin en iyi haslık sonucu verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu sonuçlarla KBH₄ 'ün ticari markalarla rekabet edebildiği belirlenmiştir.

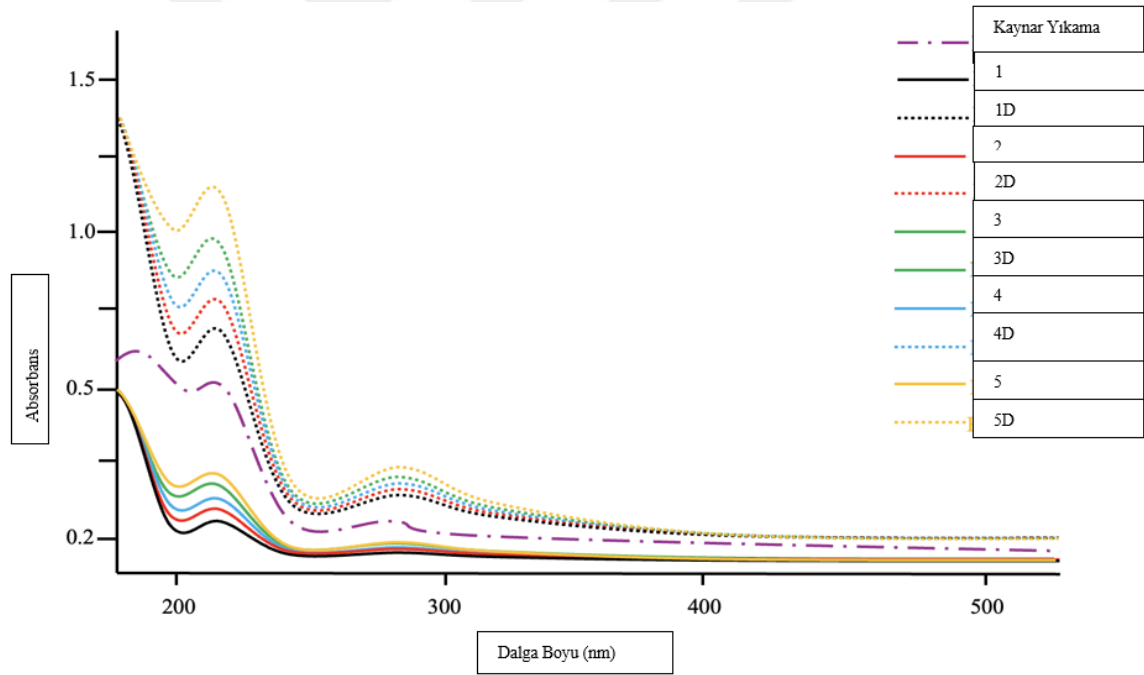
4.3. Atık Sular için UV Ölçüm Sonuçları

Sentezlenen yeni hidrür bileşiğinin, ticari iki farklı dispers boyarmadde ile boyanmış kumaşların yıkama işlemleri sonucu açığa çıkan atık suları üzerinde uv-vis ölçümleri yapılmıştır. Absorbans ve dalga boyu analizleri Orgin isimli programla hesaplanmıştır. Atık sular için UV ölçüm sonuçları Şekil 4.1. ile Şekil 4.6 arasında verilmiştir.



Şekil 4.1. Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların dispergatörlü ve dispergatörsüz kıyaslanmaları

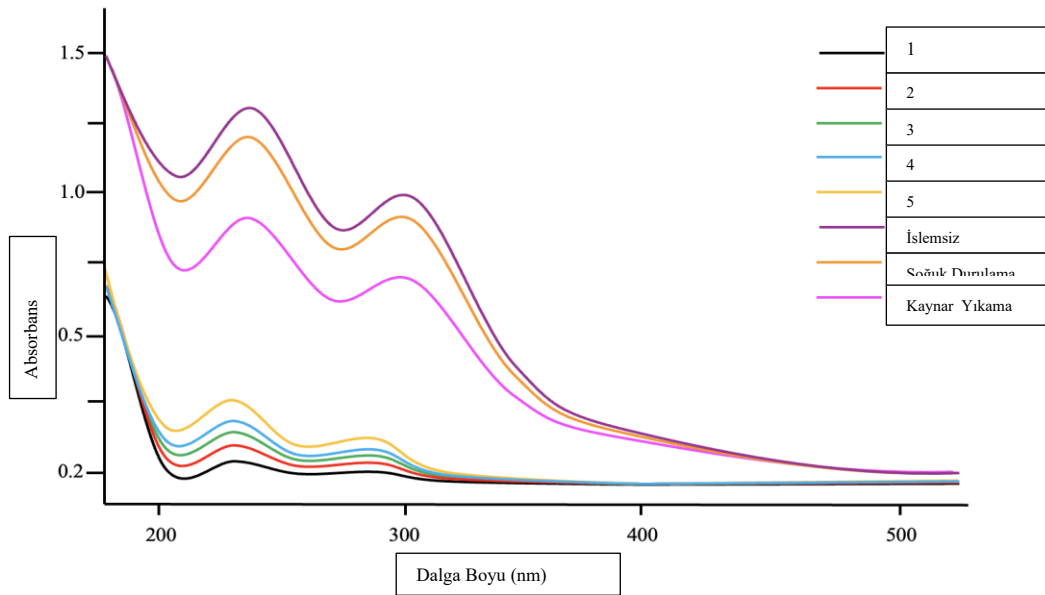
Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların yıkanmalarına ait kaynar yıkama, dispergatörlü ve dispergatörsüz potasyum bor hidrür bileşiklerine ait spektumlar, Şekil 4.1’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde; kaynar yıkama sonucu 200, 233 ve 303 nm’de görülen omuzlar sırasıyla benzenoid halkasından kaynaklanan $\pi-\pi^*$ ve $n-\pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Dispergator kullanıldığında ise 233 ve 303 nm’de bantlar daha şiddetlenmiştir. Potasyum bor hidrür ile yıkamalarda konsantrasyon etkisi gözlemlenmiştir. 3 g/L KBH₄ kullanımda yıkama atık suyunun en az kirlendiği görülmektedir. 225 nm’de kinon bileşiğine ait omuzlar en az borlu yıkamalarda tespit edilmiştir. Mavi dispers boyarmaddenin yapısında bulunan iki karbonil oksijeni, iki adet hidroksil ve iki adet amin grubu, hidrür bileşiğindeki dört hidrojen atomu ile etkileşmektedir. Konsantrasyon arttıkça FBL-N yapısında bulunan brom ile hidrür bileşiğindeki potasyum, KBr tuz oluşturmaktadır. Bu nedenle yükseltgeme potansiyelini düşürmektedir.



Şekil 4.2. Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların dispergatörlü ve dispergatörsüz kıyaslanmaları

Şekil 4.2.’de Setapers Red E3BN ile de aynı işlemler tekrarlanmış ve açığa çıkan atık suları üzerinde uv-vis spektrumları incelenmiştir. Red E3BN yapısı incelendiğinde yapısında antrasen grubu yanında fonksiyonel olarak iki karbonil grubu dışında bir adet amin, bir adet hidroksil grubu yer almaktadır. Burada kaynar yıkama sonucu bir önceki boyarmadde de olduğu gibi aynı geçişleri gösterirken absorbans şiddetinde düşüş görülmektedir. Bunun

sebebi antresen grubunun yapıya rezonans elektron sağlamasıdır. Dispergatörsüz Potasyum bor hidrür kullanıldığında hidrür iyonu üzerindeki hidrojen atomları antrasen üzerindeki oksijen atomu üzerindeki serbest elektron çiftleriyle etkinleşerek kopmasını ve boyarmaddenin etkinliğinin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Konsantrasyon farkları kıyaslandığında hidrür bileşiği konsantrasyonu azaldıkça uv-vis spektrumları azalmaktadır. Grafik incelendiğinde; kaynar yıkama sonucu 200, 221 ve 292 nm’de görülen omuzlar boyarmaddenin yapısında bulunan, benzenoid halkasından kaynaklanan $\pi-\pi^*$ ve $n-\pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Dispergatör kullanıldığında ise 233 ve 303 nm’de bantlar daha şiddetlenmiştir.



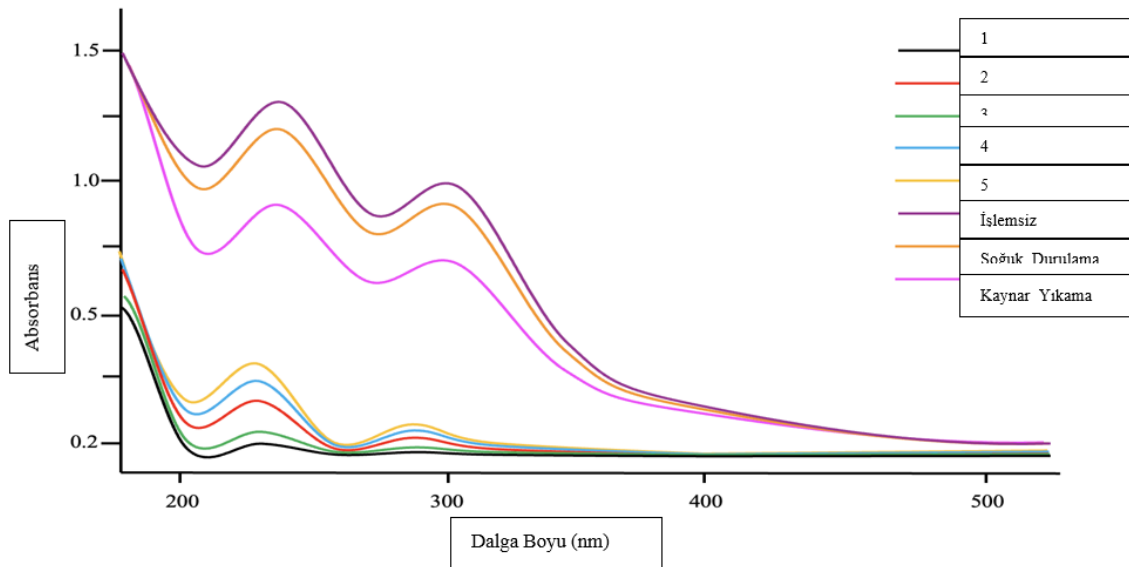
Şekil 4.3. Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların işlemsiz, kaynar yıkama, soğuk durulama ve hidrür bileşikleriyle kıyaslanmaları

Şekil 4.3 incelendiğinde ise işlemsiz, soğuk durulama, kaynar yıkama ve potasyum bor hidrürlü çalışmalar kıyaslanmıştır. Setapers Blue FBL-N kullanılarak yapılan çalışmalar sonucu elde edilen atık sularda uv-vis spektrumları incelenmiştir. Şekil 4.3 ‘de grafik incelendiğinde, işlemsiz numunenin UV spektrumunda 239 nm’de gözlenen bant benzenoid halkasından kaynaklanan $\pi-\pi^*$ geçişlerini gösterirken 319 nm’de gözlemlenen bant ise $n-\pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Soğuk durulama ve kaynar yıkamada benzer sonuçlar bulunmaktadır. Potasyum bor hidrürün farklı konsantrasyonları ile kıyaslandığında ciddi bir

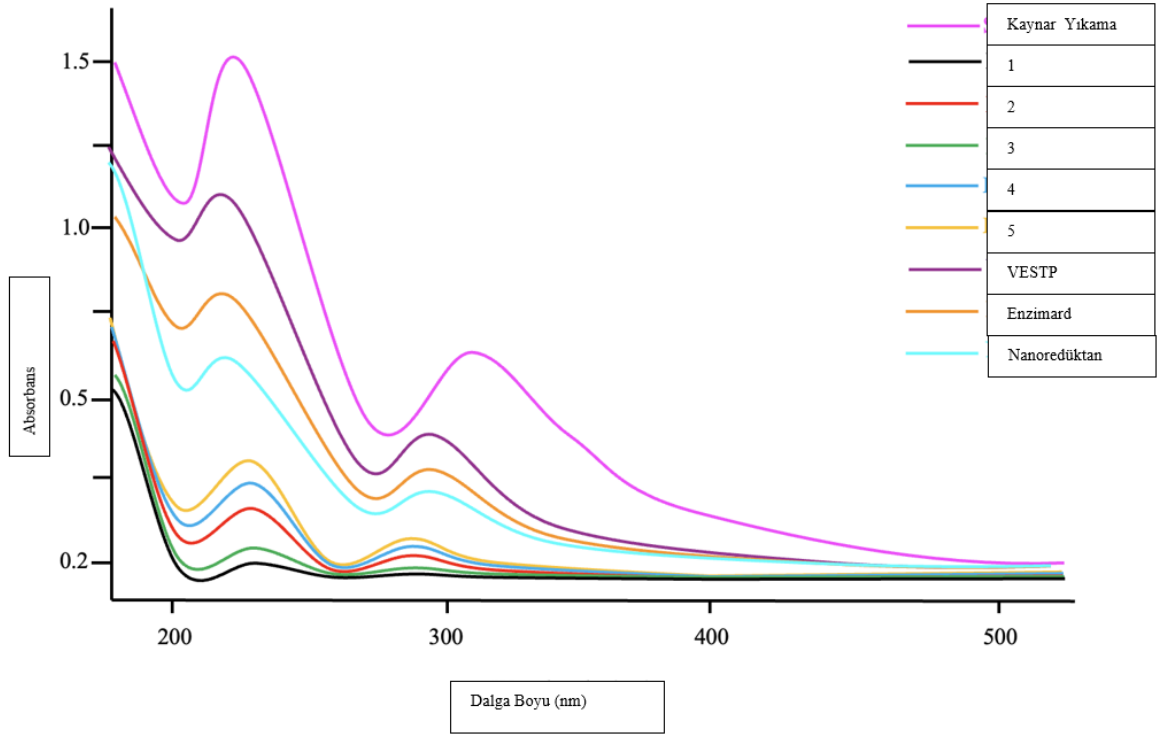
fark görülmektedir. Hidrür bileşiği kullanıldığında boyarmadde indirgenerek etkinliğini kaybetmektedir.

Setapers Red E3BN kullanılarak boyanan kumaşların yıkama sonucu elde edilen atık suların uv-vis spektrumları Şekil 4.4’de verilmektedir. Spektrum incelendiğinde; işlemsiz, soğuk durulama ve kaynar yıkama yapılan kumaşların yıkama suları işlemsiz numunenin UV spektrumunda 241 nm’de gözlenen bant benzenoid halkasından kaynaklanan $\pi-\pi^*$ geçişlerini gösterirken 306 nm’de gözlemlenen bant ise $n-\pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Potasyum bor hidrürün farklı konsantrasyonları ile kıyaslandığında ciddi bir fark görülmektedir.

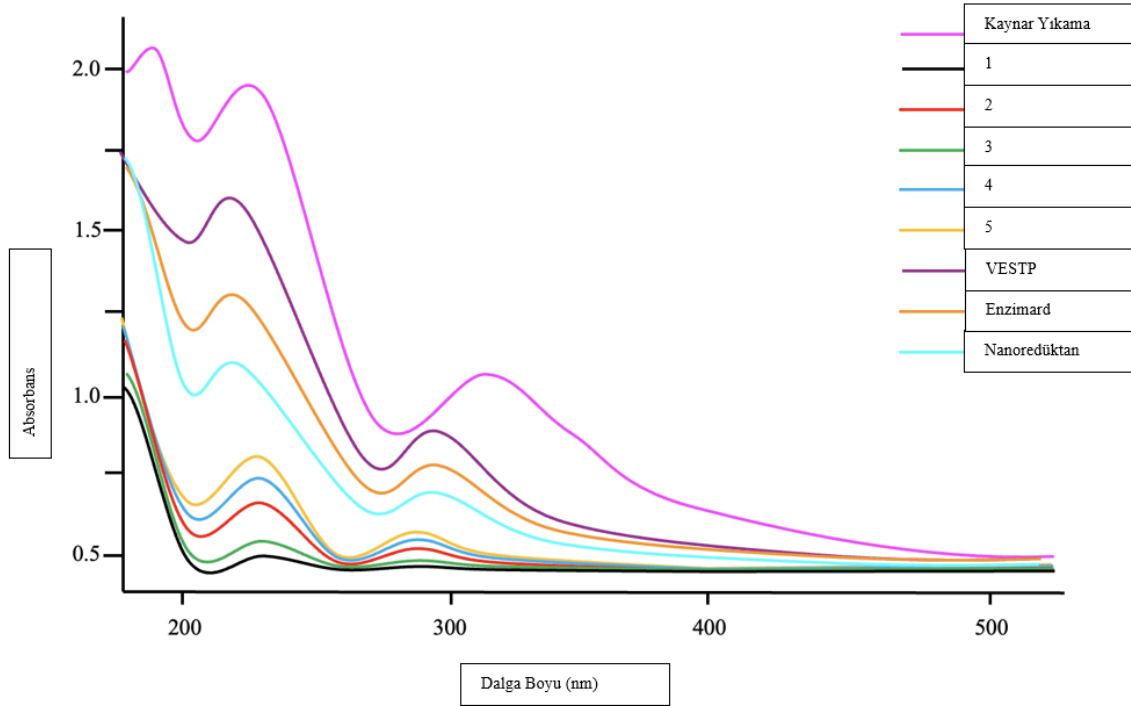
Hidrür bileşiği kullanıldığında boyarmadde indirgenerek etkinliğini kaybetmektedir. Konsantrasyonlarda ise KBH_4 1 g/L ve 3 g/L olan numunelerin en etkin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların işlemsiz, kaynar yıkama, soğuk durulama ve hidrür bileşikleriyle kıyaslanmaları



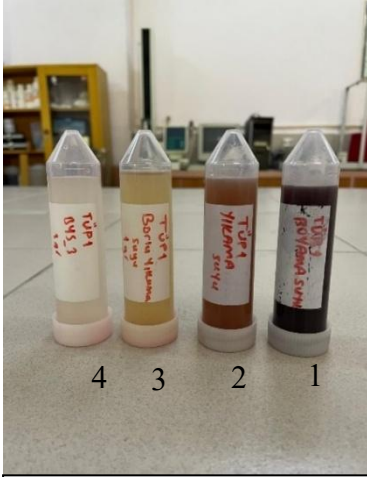
Şekil 4.5. Setapers Blue FBL-N ile boyanmış kumaşların kaynar yıkama, hidrür bileşikleri ve ticari yıkama kimyasallarıyla konvansiyonel çalışmalarının kıyaslanmaları



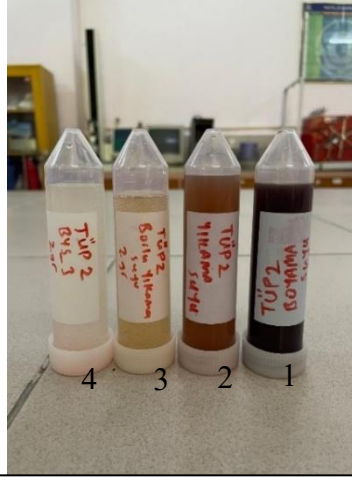
Şekil 4.6. Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşların, kaynar yıkama ve ticari yıkama kimyasallarıyla hidrür bileşikleri ile kıyaslanmaları

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 'da ise ticari markalardan temin edilen redüktif yıkama kimyasallarıyla konvansiyonel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla üç farklı ticari markanın redüktif yıkama kimyasalı ile yeni hidrür bileşiğinin kıyaslanması gerçekleştirilmiştir. Ticari marka olarak, Nanoredüktan RDK CONC, Enzims-ard ve VESTP kimyasalları seçilmiştir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 'da spektrumdan görüldüğü üzere potasyum bor hidrürün ticari kimyasallara göre uv-vis spektrumları çok daha düşüktür. Şekil 4.5'de kaynar yıkama yapılan kumaşın atık suyunda yapılan uv-vis analizinde, 241 nm ve 321 nm'de şiddetli iki bant bulunmaktadır. Bu bantlar boyarmaddenin yapısında bulunan benzenoid halkasından kaynaklanan $\pi-\pi^*$ ve $n-\pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Ticari ürünlerle yapılan konvansiyonel çalışmalarda ise; Ves TP 0849 uv-vis spektrumları en fazla, nanoredüktan ise en azdır. Nanoredüktanın yapısında tiyoüre yapısı bulunmaktadır. Yapısında bulunan iki amin grubu Blue FBL-N yapısındaki karbonil grubu ile etkileşerek boyarmaddenin aktivitesini bozmaktadır. Potasyum bor hidrür kadar etkin olmamasının nedeni boyarmaddenin yapısında bulunan amin grupları ile nükleofilik bağlanmada yarışması olarak ifade edilebilmektedir. Potasyum bor hidrürün farklı konsantrasyonlarda kullanımında ise 1 g/L ve 3 g/L kullanımlarda daha etkin olduğu görülmektedir. Potasyum atomu Blue FBL-N yapısındaki Brom ile KBr oluşturarak boyarmaddenin etkinliğini bozmaktadır. Diğer yandan boyarmaddenin yapısında bulunan karbonil oksijenleri ve hidroksil oksijenleri, bor hidrür bileşiğindeki hidrojenler tarafından indirgenmektedir. Son olarak Şekil 4.6. Setapers Red E3BN ile boyanmış kumaşlar üzerinde kaynar yıkama, ticari kimyasallar ile yıkama ve potasyum bor hidrür ile yıkama gerçekleştirilerek atık sularında uv-vis ölçümleri alınarak kıyaslama çalışmaları yapılmıştır. Burada durum Blue FBL-N ile aynı sonucu vermektedir.

Şekil 4.7 ile konsantrasyon arttığında ve ticari yıkama maddelerinin yıkama ve boyama sularının görsel olarak sunulmak istenmiştir.



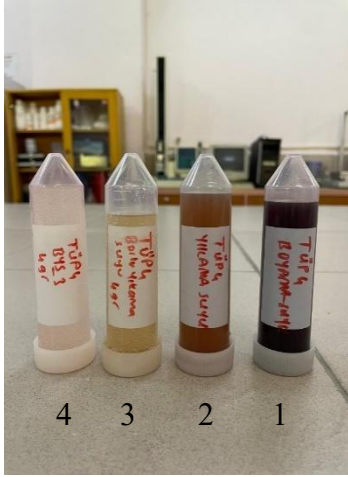
KBH₄ 1 g/L denemesi



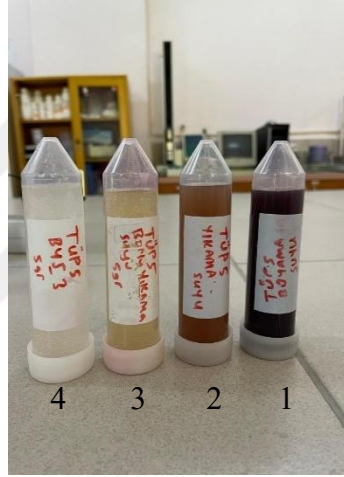
KBH₄ 2 g/L denemesi



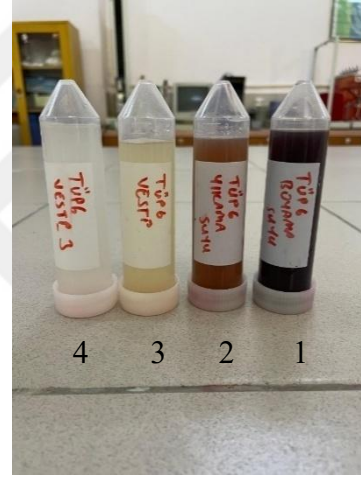
KBH₄ 3 g/L denemesi



KBH₄ 4 g/L denemesi



KBH₄ 5 g/L denemesi



VESTP denemesi



Enzimsard denemesi



Nanoredüktan denemesi

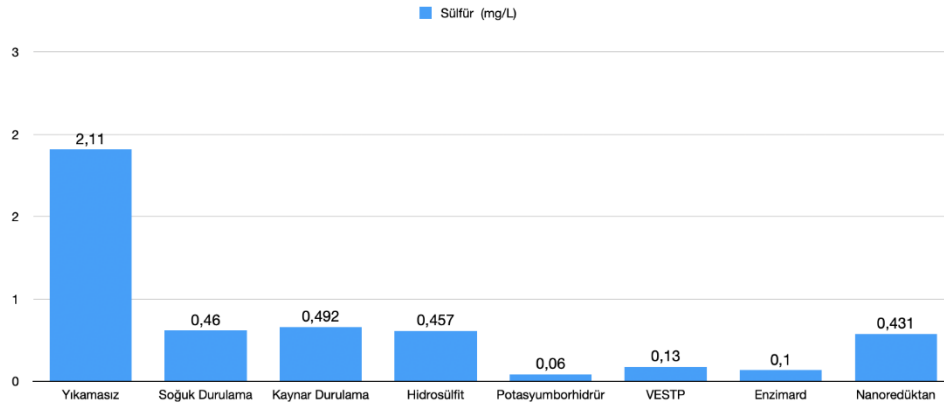
Şekil 4.7. 1) boyama suyu, 2) soğuk durulama suyu, 3) bor ile yapılmış yıkama suyu 4) borlu yıkamadan sonraki soğuk durulama suyu

4.4. Atık Su Analizleri

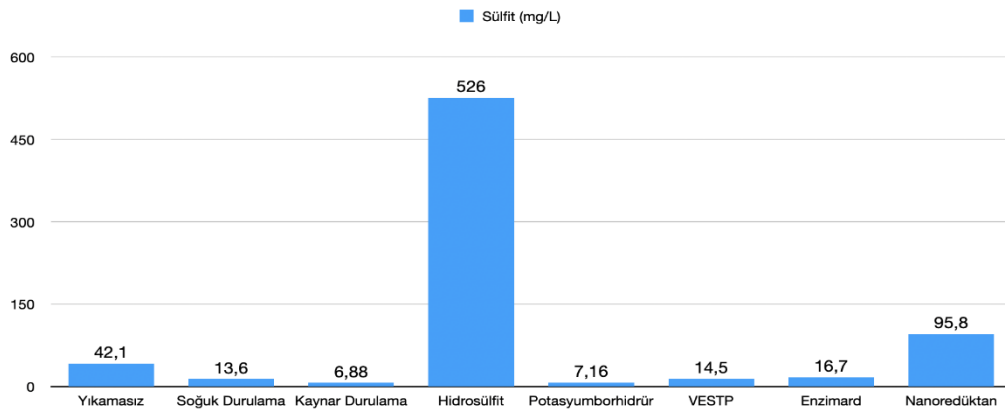
Gerçekleştirilen uygulamaların atık su yükü açısından performansı incelenmiş ve sonuçları Çizelge 4.38’de ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.38. Atık su test sonuçları

Numuneler	Sülfür (mg/L)	Sülfid (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ (mg/L)	AKM (mg/L)
Yıkamasız	2	42	7,042	4,410	190
Hidrosülfid	0	523	1,244	839	120
Soğuk Durulama	0	14	2,049	1,305	90
Kaynar Yıkama	0	7	827	431	140
Potasyum Bor Hidrür	0	7	1,091	788	120
VESTP	0	15	1,397	844	30
Enzimsard	0	17	1,389	793	30
Nanoredüktan	0	96	1,184	866	50



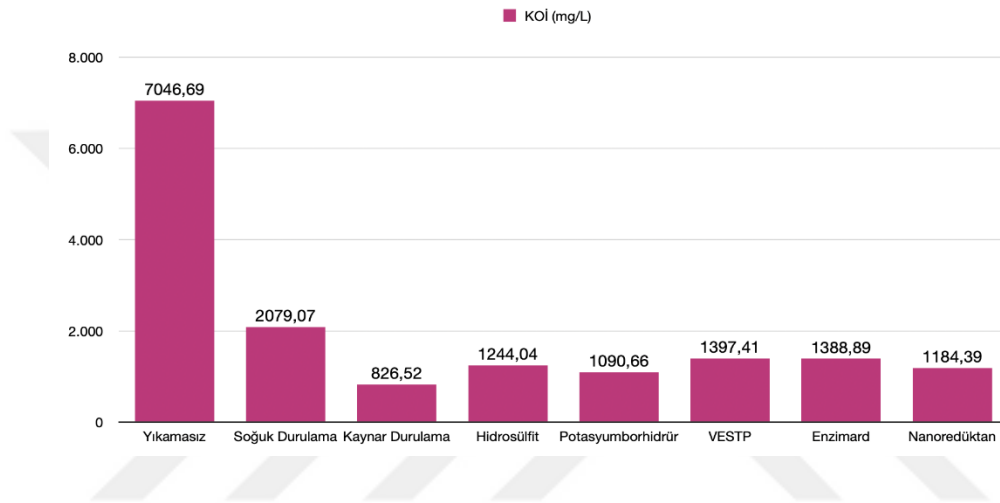
Şekil 4.8. Atık suda sülfür tayini sonuçları



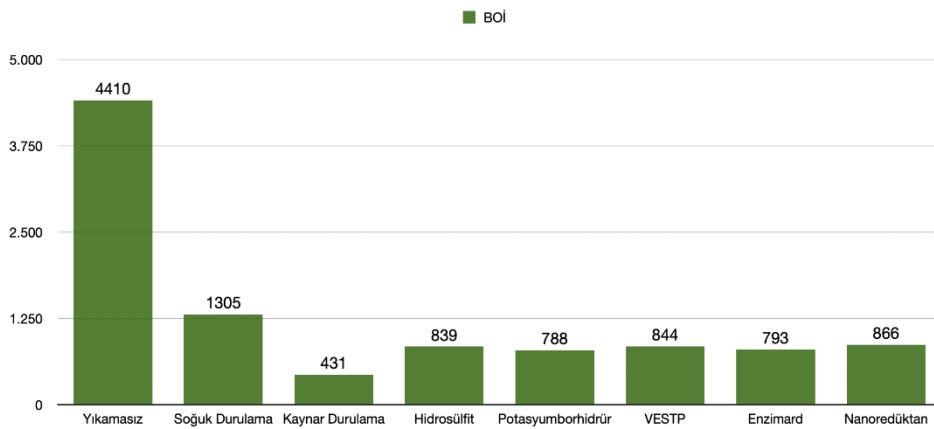
Şekil 4.9. Atık suda sülfid tayini sonuçları

Şekil 4.8’de sülfür, Şekil 4. 9’da sülfid, Şekil 4. 10’de KOİ, Şekil 4.11’de BOİ ve Şekil 4.12’de ise AKM değerleri grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 incelendiğinde ticari ürün olan ve sıklıkla kullanılan Hidrosülfid’ in atık suyunda serbest sülfür 0,457 mg/litre ve sülfid içerdiği 526 mg/litre, potasyum bor hidrürde ise sülfür 0,06 mg/litre, sülfidin 7,16 mg/litre olduğu görülmektedir. Atık su kalitesinden de anlaşılacağı üzere ticari olarak kullanılan kimyasallardan da yaygın olarak kullanılan hidrosülfitten daha düşük atık suyu kirlettiği görülmektedir.



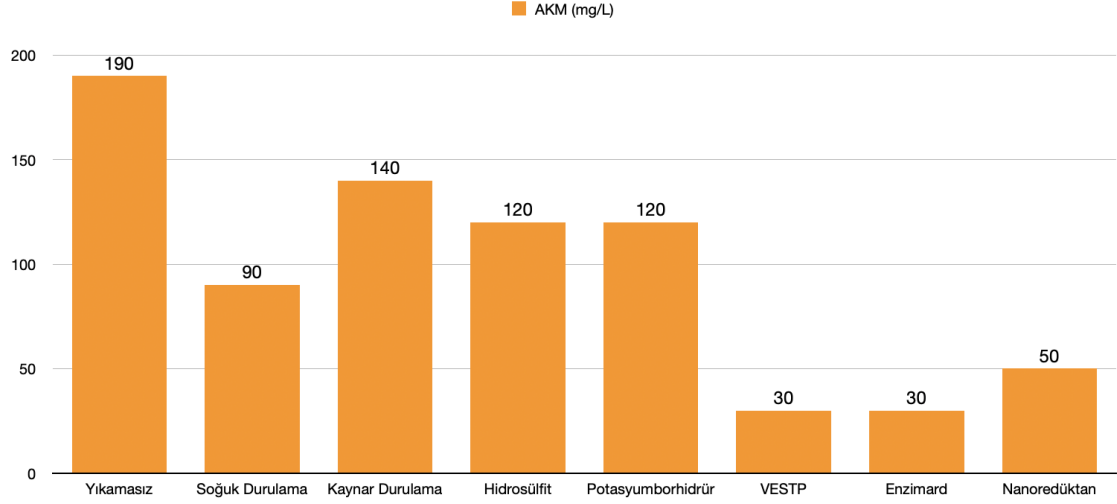
Şekil 4.10. Atık suda KOİ tayini sonuçları



Şekil 4.11. Atık suda BOİ tayini sonuçları

Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 ‘de atık suda KOİ ve BOİ verileri verilmiştir. KOİ ve BOİ verileri açısından değerlendirildiğinde hidrosülfid’ in KOİ değeri 1244,04 mg/litre BOİ değeri 839 mg/litre çıkmıştır. KBH₄’ün atık suda KOİ değeri 1090,66 mg/litre, BOİ değeri

788 mg/litredir. KBH_4 'ün atık suda daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. KBH_4 'ün KOI ve BOI değerleri daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.12. Atık suda AKM tayini sonuçları

Şekil 4.12 incelendiğinde AKM sonuçları hidrosülfitte ve potasyum bor hidrürde aynı çıkmıştır. Şekil 4. 8-Şekil 4.12 arasındaki şekiller incelendiğinde KBH_4 kullanımının atık suda ticari tüm ürünlere göre daha çevreci olduğunu söylemek mümkündür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması dispers boyama sonrası yapılan redüktif yıkamada kullanılan indirgen yıkama maddeleri üzerine kurgulanmıştır. Bu indirgen yıkama maddelerine hidrosülfid, sodyumborhidrit, hidroksiaseton, sodyum bisülfid örnek verilebilmektedir. Endüstride yaygın olarak hidrosülfid tercih edilmektedir. Yıkama maddelerinin proses sırasında, yüksek su tüketimi ve atık suya yüksek sülfid, sülfür atığı bırakma gibi sorunları bulunmaktadır. Ayrıca KOİ ve BOİ değerleri yüksek çıkmaktadır. Bu sorunları azaltmak için yeni bir yıkama maddesi geliştirilmiştir. Ticari olarak kullanılan indirgeme maddelerine alternatif olarak kullanılması beklenmektedir. Alternatif olarak kullanılacak olan ürünün özelliklerinin tespit etmek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Belirlenen uygun şartlarda renk haslık performansları, renk ölçüm değerlendirmeleri ve atık su kaliteleri incelenmiştir. Tez çalışması kapsamında, çektirme yöntemiyle laboratuvar tipi boyama makinesinde %5 koyulukta, 1/8 flotte oranı ile boyamalar gerçekleştirilmiştir. Yıkamalar farklı pH ve sıcaklıklarda uygulanmıştır. Yıkama denemeleri ayrıca dispersgator kullanılarak tekrarlanmıştır. Ayrıca karşılaştırma yapmak için ticari ürünlerle de yıkama denemeleri yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda alternatif ürün ile ticari olarak kullanılan yıkama maddelerinin haslık testleri, renk ölçümü ve atık su sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonuçlarını genel olarak değerlendirilirse; haslık değerlendirmelerinde özellikle boyalı numunenin, refakat bezindeki poliesterin naylon ve pamuğu kirletme performansına dikkat edilmiştir. Çünkü seçilen %100 poliester kumaş türü, iç ve dış kıyafetlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle naylon ve pamuğa akma dereceleri daha önemlidir. İndirgen madde kullanılmadan yapılan soğuk durulamalarda ve kaynar yıkamalarda istenen haslık değerine ulaşılammıştır. Dispersgator kullanımı ise haslık değerini iyileştirilmiştir. Dispersgatorün, yıkama prosesinde açığa çıkan dispers boyarmaddenin askıda kalarak, kumaşı tekrar kirletmesini engellediği düşünülmektedir. Yıkamalarda KBH₄ derişiminin artırılması, haslık performansını iyileştirmiştir. Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için en iyi haslık değeri, dispersgator eşliğinde 2 gram/litre KBH₄ ve dispersgatorsüz 3 gram/litre uygulamaları ile elde edilmiştir. Setapers Red E3BN için ise en iyi haslık değeri dispersgator eşliğinde 3 gram/litre KBH₄ ve dispersgatorsüz 5 gram/litre KBH₄ uygulamaları ile elde edilmiştir. Dispersgator kullanımı ile kullanılan KBH₄ derişimi düşürülebilmştir. KBH₄ ile yapılan yıkama denemeleri sonunda konvansiyonel kimyasallar ile yapılanlara göre kumaşın renginin değışmediği tespit edilmiştir, bu olumlu bir sonuçtur.

pH parametresine göre değerlendirme yapıldığında ise, ortamın pH değerinin değişmesiyle birlikte sonuçlarda önemli farklar elde edilememiştir. Fakat sıcaklık parametresi açısından değerlendirme yapıldığında, 90°C sıcaklıkta yıkamaların boyarmadde cinsi farketmeksizin iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Atık su analizleri incelendiğinde kritik “sülfür-sülfid-KOI-BOI ve AKM” sonuçlarına bakıldığında, KBH_4 bileşiğinin hidrosülfid ve diğer referanslara göre daha çevreci olduğu belirlenmiştir.

Dolayısıyla;

%5 Konsantrasyonda Setapers Red E3BN boyarmaddesi için tavsiye reçete;

Yıkama adımında; pH değeri 9-10 olmalıdır. KBH_4 kimyasalı ile 5 g/L dispergatörsüz ve KBH_4 kimyasalı ile 3 g/L ve 2 g/L dispergatör ile yıkama çözeltileri hazırlanır. 90°C ‘de 20 dakika boyunca yıkaması yapılmalıdır. Yıkama adımı bittikten sonra 5 dakika boyunca oda sıcaklığında durulama yapılmalıdır.

%5 Konsantrasyonda Setapers Blue FBL-N boyarmaddesi için tavsiye reçete;

Yıkama adımında; pH değeri 9-10 olmalıdır. KBH_4 kimyasalı ile 3 g/L dispergatörsüz ve KBH_4 kimyasalı ile 2 g/L ve 2 g/L dispergatör ile yıkama çözeltileri hazırlanır. 90°C’de 20 dakika boyunca yıkaması yapılmalıdır. Yıkama adımı bittikten sonra 5 dakika boyunca oda sıcaklığında durulama yapılmalıdır.

Literatüre katkıları ve literatürden farklılıkları incelendiğinde ise; Literatürde yer alan KBH_4 sentezleri genellikle endüstriyel açıdan avantajlı değildir. Genelde hidrojen yakıt deposu uygulamalarında kullanıldığı karşımıza çıkmaktadır. Sentezlenen potasyum bor hidrür, literatürde daha önce yer almayan daha ticari bir metotla (mikrodalga ve mekanokimyasal karıştırma) sentezlenmiştir. Literatürde redüktif yıkama amacıyla geliştirilen potasyum bor hidrürle geliştirilen ilk bileşik olmuştur.

Devam eden çalışmalar için araştırma önerileri aşağıdaki gibi verilmiştir. Geliştirilen bu malzemeyi;

- ✓ Boyarmadde sökümü alanında,
- ✓ Farklı dispers boyarmaddelerle,
- ✓ Trikromik reçeteler ile,
- ✓ Farklı derişimler ile,
- ✓ İndigo,küp, kükürt boyarmaddelerle indirgen malzeme olarak,
- ✓ Farklı renk haslığı performansları için,
- ✓ Çevresel etki değerlendirilmesi ile, farklı denemeler yapılması mümkündür.

KAYNAKLAR

- Açar, P. (2022). *Dispers Boyanmış Poliester Örme Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testleri Sonuçlarının Renk Ölçümleri İle Araştırılması*. Uludağ Üniversitesi.
- Akkaya, M. (2011). *Bor Minerallerinin Tekstil Terbiyesi Alanında Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Akyurt, S. (2011). *Boyalı Kumaşların Soldurulmasında Sodyum Borhidrür Kullanım Şartlarının İncelenmesi*. 80.
- Altınok, H. E. (2024). *Antibakteriyel Bor Bileşklerinin Tekstil Ürünlerine Uygulanabilirliği*. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Avinc, O. (2011). Maximizing the wash fastness of dyed poly(lactic acid) fabrics by adjusting the amount of air during conventional reduction clearing. *Textile Research Journal*, 81(11), 1158–1170. <https://doi.org/10.1177/0040517511402124>
- Balcı, O. (2004). *Tekstil Terbiyesinde Yeniden Değerlendirme Yöntemlerinin Uygulanması ve Bu Yöntemlerin Kumaş Performansına Olan Etkilerinin İncelenmesi*. Çukurova Üniversitesi.
- Balcı, O. (2007). Investigation of the Stripping Process of the Reactive Dyes Using Organic Sulphur Reducing Agents in Alkali Condition. *Fibers and Polymers*, 8(1), 25–36.
- Balcı, O. (2011). *Poliester Esaslı Örme Kumaşların Redüktif Yıkanması İçin Yeni Yaklaşımlar*. 42–49.
- Burkinshaw, S. M., & Kumar, N. (2008). The Reduction Clearing Of Dyed Polyester. *Dyes and Pigments*, 76(3), 799–809. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2007.02.002>
- Buyukakinci, B. Y., & Sokmen, N. (2017). Investigation of Indigo Dyeing Using Sodium Borohydride As Reducing Agent. *CBU International Conference Proceedings*, 5, 1061–1063. <https://doi.org/10.12955/cbup.v5.1071>
- Büyükakıncı, B. Y., & Sökmen, N. (2016). Effect Of Sodium Borohydride On Microwave Assisted Reductive Cleaning Of Dyed Polyester Fabrics. *Asian Journal Of Chemistry*, 28(12), 2752–2754.
- Ceyhan, G., Şahin, F., Balcı, O., Ateş, Z., & Serttaş, S. S. (2024). *Developing Of Sustainable Solution For Washing Of Dispers Dyed Polyester*. June, 17–19.
- Çiftçi, B. (2023). *Farklı Kalitelerdeki Poliester Kumaşların Susuz Boyanması* [Bursa Uludağ Üniversitesi]. <https://doi.org/0000-0002-6753-4715>
- Çinko, U. O. (2024). *CIELab Renk Uzayında Renk Farkı Formüllerinin Düzenli Renk Koordinatı Değişimlerine Olan Bağlılığının Araştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Dal, İ. (2021). *Çağdaş Tekstil Ve Moda Tasarımında Yenilikçi Yaklaşımlar : Bor Minerali*. Haliç Üniversitesi.

- Doba Kadem, F., & Gülşen, G. (2014). Polyester Esaslı Kumaşlara Boya Banyosuna İlave Edilen Borlu Kimyasallarla Güç Tutuşurluk Özelliği Kazandırılması Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 29(1), 165–171.
- Duran, K., 2001, “Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma”, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, No.17, in T, İzmir.
- Enzimsard Ürün prospektüsü, 2024
- Eren, H. A., Gundogan, S., Eren, S., & Kocaman, B. (2013). Substitution of Reduction Clearing Step by Ozone Treatment at Disperse Dyeing of Polyester. *Ozone: Science and Engineering*, 35(3), 196–200. <https://doi.org/10.1080/01919512.2013.771551>
- Gülşen, G. (2009). *Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Hacıoğlu, Y. (2023). *Pamuk/Poliester Karışımı Kumaşlar İçin Poliester Boyama Banyosunda Pamuğun Ağartılması* [Bursa Uludağ Üniversitesi]. <https://doi.org/0000-0003-4082-8024>
- Li, X., Wang, M. Q., Wu, G., & Yao, J. (2020). Electrochemical reduction of indigo by combination of sodium borohydride and copper salt. *Pigment and Resin Technology*, 50(3), 185–193. <https://doi.org/10.1108/PRT-04-2020-0035>
- Li, X., Zhang, Z., Yao, J., Wang, M. Q., & Yang, N. (2022). Cu(II)/sodium borohydride-based electrocatalytic system for reduction and dyeing of indigo. *Pigment and Resin Technology*, 51(3), 327–335. <https://doi.org/10.1108/PRT-02-2021-0015>
- Meksi, N., Kechida, M., & Mhenni, F. (2007). Cotton dyeing by indigo with the borohydride process: Effect of some experimental conditions on indigo reduction and dyeing quality. *Chemical Engineering Journal*, 131(1–3), 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.01.001>
- Nanoredüktan Ürün prospektüsü, 2024
- Özkarademir, Gürkan., Erkoç, Merve., Şarpnal, D. (2019). *Bor Esaslı İndirgeme Ajanının İndigo Boyama Prosesinde Emdirme Yöntemiyle Uygulanması*. April.
- Paydak, M. E. (2006). *Dispers Boyama Reçetelerinin İşlem Koşullarına Olan Renk Hassasiyetlerinin Araştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Sarli, M. A. (2024). *Tekstil Ürünleri İçin Çevre Dostu Dispergir Madde Olarak Yeni Polikarboksilatların Sentezlenmesi Ve Uygulanabilirliğinin Araştırılması*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sanayi Teknoloji Bakanlığı., (2021). Tekstil Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu 2021. <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/planprogram/TekstilHazirgiyimveDeriUr unleriSektorleriRaporu2021.pdf> (Erişim Tarihi:12.12.2024)
- Sunguray, G. (2010). *Dispers Boyarmaddelerle Boyanmış Poliester Materyallerin Renk Haslık Özelliklerinin İyileştirilmesi*. Marmara Üniversitesi.

- Ugur, Ş. S. (2004). *Polyesterin Dispers Boyarmaddelerle Boyama Yöntemlerinin Karşılaştırılması* (Vol. 4, Issue 4). Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Ul Aleem, A. (2013). *An Investigation of Alternatives to Reductive Clearing in the Dyeing of Polyester*. May, 304.
- Ves TP 0849 Ürün prospektüsü ,2024
- Xu, S., Chen, J., Wang, B., & Yang, Y. (2016). An environmentally responsible polyester dyeing technology using liquid paraffin. *Journal of Cleaner Production*, 112, 987–994. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.114>
- Yalçın, Y. (2011). *Boyanmış Poliester Kumaşlarda Bazı Renk Haslıklarının Değişim Kinetiğinin Renk Araştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Yılmaz, D. (2015). *Sodyum Borhidrür'ün Tekstil Terbiye İşlemlerinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. Uludağ Üniversitesi.
- Yılmaz, U. (2008). *Poliester Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testlerinin Renk Değerleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Yürük, N. (2023). *Reaktif Boyalı Pamuklu Dokuma Kumaşlarda Ardışık Uygulanan Farklı Haslık Testleri Sonuçlarının Renk Ölçümleri ile Karşılaştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi.

ÖZ GEÇMİŞ

