

**AKILLI TEKSTİLLERDE KULLANILMAK
ÜZERE HALOKROMİK BOYALARLA
BOYANMIŞ POLİAMİD 6,6 KUMAŞIN YAŞ
HASLIKLARININ İNCELENMESİ**

Ayben PAKOLPAKÇIL
Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ashhan DELİTUNA

2013

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKILLI TEKSTİLLERDE KULLANILMAK ÜZERE HALOKROMİK BOYALARLA
BOYANMIŞ POLİAMİD 6,6 KUMAŞIN YAŞ HASLIKLARININ İNCELENMESİ

AYBEN PAKOLPAKÇIL

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. ASLIHAN DELİTUNA

TEKİRDAĞ-2013

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Aslıhan DELİTUNA danışmanlığında, Ayben PAKOLPAKÇIL tarafından hazırlanan “Akıllı Tekstillerde Kullanılmak Üzere Halokromik Boyanmış Poliamid 6,6 Kumaşın Yaş Haslıklarının İncelenmesi ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Hikmet Ziya ÖZEK

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr. Aslıhan DELİTUNA

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr. Murat TÜRKYILMAZ

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof.Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKILLI TEKSTİLLERDE KULLANILMAK ÜZERE HALOKROMİK BOYALARLA BOYANMIŞ POLİAMİD 6,6 KUMAŞIN YAŞ HASLIKLARININ İNCELENMESİ

Ayben PAKOLPAKÇIL

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Aslıhan DELİTUNA

Halokromik boyalar pH değişimine bağlı olarak tersinir renk değişimi meydana getirirler. Bu renk değişimi ortamda asit veya baz varlığında bir ikaz sinyali olarak kullanılabilir. Tekstil materyallerine halokromik özelliğin kazandırılmasında konvansiyonel boyama ucuz ve kolay bir yöntemdir. Bu çalışmada poliamid 6,6 dokunmuş kumaş Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S ile çektirme yöntemine göre, 98 °C 'de 1 saat boyanmıştır. Yaş haslıkları iyileştirmek amacıyla, dört farklı ticari fiksator ve tannik asit ile ard işlem uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda fiksator ile yapılan denemelerde her iki boya için , %3 Setafix S ile en yüksek su haslık değerleri elde edilmiştir. Tannik asit kullanılan ve Bromkresol Moru ile yapılan çalışmalarda sadece düşük konsantrasyon yapılan boyamalarda bir gelişme kaydedilirken, yüksek konsantrasyonda bir gelişme gözlenmemiştir. Alizarin Kırmızı S ile boyanan ve tannik asit ile ard işlem gören numunelerde iyi su haslıkları elde edilmiştir. Yıkama haslığı testi uygulandığında oldukça yüksek haslıklar elde edilirken, renk değişim skalasıyla değerlendirme yapıldığında aynı sonuçlar elde edilememiştir. Bromokresol Moru ile yapılan denemelerde fiksator ve tannikasit kullanımı renk değişimini oldukça fazla etkilerken, Alizarin Kırmızı S 'de bu etkinin olumlu yönde olduğu kaydedilmiştir. Çalışmada, seçilmiş kumaşlar HCl ve NaOH kullanılarak hazırlanan pH 2-10 arasında 5 farklı çözeltiye daldırılmış ve renk değişimi incelenmiştir. Ard işlem gören numunelerde renk değişiminin diğer işlem görmeyen kumaşlara nazaran daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: halokromik, pH-indikatör, tekstil, haslık, fiksator, tannik asit

2013, 83 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EXAMINATION OF WET FASTNESS HALOCHROMIC DYED POLYAMIDE 6,6 FABRICS FOR USING SMART TEXTILES

Ayben PAKOLPAKÇIL

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Aslıhan DELİTUNA

Halochromic dyes are which changes color when pH changes occur. The colour changing can be used a warning signal in the presence of acid or base. Conventional dyeing is cheap and easy process of acquiring the halochromic textile property. In this study, polyamide 6,6 woven fabric was dyed using Bromocresol Purple and Alizarin Red S dyes 98 ° C for 1 hour. For the purpose of enhancing wet fastness, four different commercial fixator and tannic acid used aftertreatment. As a result of these studies, water fastness test was applied, it was found that 3% Setafix S imparted to the greatest water fastness improvement. Tannic acid used, studies with Bromocresol Purple dyeing only low concentration dyed samples have been made progress while high concentration dyed fabrics have not made progress. Tannic acid used, dyed with Alizarin Red S samples was observed good water fastness. The washing fastness of the samples were recorded very good values, but colour loss of original samples were not obtained same results. Bromocresol Purple dyed samples were affected both fixator and tannic acid aftertreated conversely, Alizarin Red S dyed fabrics were obtained positive effect. In this work, selected fabrics were immersed 5 different solution pH 2-10 which was prepared HCl and NaOH, color shift was investigated. Aftertreated fabrics changed color slower than other, was observed.

Keywords: halochromic, pH-indicator, textile, fastness, fixator, tannic acid

2013, 83 pages

TEŐEKKÜR

Bu çalıőmasının yürütülmesinde benden desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Aslıhan DELİTUNA'ya , çalışmada kullanılan materyal ve kimyasal madde temininde bana yardımcı olan Batı Dokumacılık, Genkim, Setaş Kimya, Rudolf Duraner ve Huntsman firmalarına ,test çalıőmalarını yapmamda katkıda bulunan ztek Tekstil, Denge Kimya ve İstanbul Tekstil Araştırma merkezi çalıőanlarına teőekkürü bir borç bilirim. Bu tez alıőması T.C. Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından NKU.BAP.00.17.YL.13.04 sayılı proje kapsamında desteklenmiőtir. BAP birimine çalıőmalarına katkılarından dolayı Őukranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren ve sabrı gösteren annem Kadriye PAKOLPAKÇIL'a ve babam Őerif PAKOLPAKÇIL'a teőekkür ederim.

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

m ²	metre kare
C	Konsantrasyon (derişim)
%	Yüzde konsantrasyon
PA	Poliamid
°C	Celsius sıcaklık
L*	Açıklık – koyuluk
a*	Kırmızılık – Yeşillik
b*	Sarılık - Mavilik
C*	Croma (Rengin doygunluğu)
H	Renk açısı (derece cinsinden)
K/S	Colour / Strenght (Renk kuvveti)
Nm	Nanometre (10 ⁻⁹ metre)
D65	Tungsten filamanlı lamba (Renk sıcaklığı yaklaşık 6500 K'dır ve gün ışığı simüle edilmektedir)
UV	Ultra viyole – Mor ötesi
K	Absorpsiyon katsayısı
S	Saçınım kat sayısı
λ	Dalgaboyu
CIELab	CIE tarafından 1976 yılında tanımlanan formül

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1 GİRİŞ.....	1
1.1 KAYNAK ÖZETLERİ	2
2 KURAMSAL TEMELLER	5
2.1 Akıllı Tekstiller	5
2.1.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı.....	5
2.1.2 Akıllı Tekstillerin Sınıflandırılması	5
2.1.3 Transfer Sistemleri	6
2.1.4 Adapte Olabilen Sistemler	6
2.1.5 Akıllı Giysiler.....	6
2.1.6 Aktarıcı Sistemler.....	7
2.1.7 Mikroteknoloji ve Nanoteknoloji	7
2.1.8 Akıllı Tekstillerin Kullanım Alanları	7
2.1.9 Geleceğin Akıllı Kumaşları.....	10
2.2 RENK DEĞİŞTİREN TEKSTİLLER.....	13
2.3 HALOKROMİK BOYALAR	16
2.3.1 Ftaleinler.....	17
2.3.2 Triarilmetanlar.....	18
2.3.3 Fluoranlar	18
2.3.4 Azo boyalar	18
2.3.5 Doğal pH-indikatörleri	19
2.4 POLİAMİD LİFİ	19
2.5 POLİAMİD 6.6	19
2.5.1 Poliamid 6.6 'nın Üretimi.....	20
2.5.2 Poliamid 6,6 Lifinin Fiziksel Özellikleri.....	22
2.5.3 Poliamid 6,6 Liflerinin Kimyasal Özellikleri.....	24
2.5.4 Poliamid 6.6'nın Kullanım Alanları	24

2.6 POLİAMİD LİFLERİNİN BOYANMASI	25
2.6.1 Poliamid Liflerinin Asit boyarmaddeleri ile Boyanması	25
2.6.2 Kuvvetli Asidik Ortamda Boyayan Asit Boyarmaddeler	26
2.6.3 Orta Kuvvetle Asidik Ortamda Boyayan Asit Boyarmaddeler	27
2.6.4 Zayıf Asidik veya Nötr Ortamda Boyanan Asit Boyarmaddeler	27
2.6.5 Metal Kompleks Boyarmaddeler	28
2.6.6 1:1Metal Kompleks Boyarmaddeler	28
2.6.7 1:2 Metal Kompleks Boyarmaddeler	29
2.7 Poliamidin Yaş Haslıklarını Geliştirmek Amacıyla Kullanılan Yardımcı Kimyasallar ...	30
2.7.1 Fiksatorler.....	30
2.7.2 Tanninler	32
3 MATERYAL VE METOD	34
3.1 Kullanılan Materyaller ve Cihazlar	34
3.1.1 Boyarmadde	34
3.1.2 Tekstil Materyali	35
3.1.3 Su.....	35
3.1.4 Kimyasallar	35
3.1.5 Cihaz ve Makineler	36
3.2 Değerlendirmede Kullanılan Test Yöntemleri	36
3.2.1 Renk verimi ve CIELAB değerlerinin tespiti.....	36
3.2.2 Suya karşı renk haslığı tayini	38
3.2.3 Yıkamaya karşı renk haslığı tayini.....	39
3.2.4 Sürtmeye karşı renk haslığı tayini	39
3.2.5 Absorbans değerinin ölçümü.....	39
3.3 Metod	39
3.3.1 Boyama işlemi.....	39
3.3.2 Ard işlem	40
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	42
4.1 Fiksator ile Yapılan Ard İşlemlerin Sonuçları	42
4.2 Fiksator ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Renk Verimi Sonuçları	44
4.3 Fiksator ile Ard İşlem Görmüş Kumaşların Haslık Sonuçları	47
4.3.1 Ard İşlem Sonrası Kumaşların Sürtme ve Su Haslık Sonuçları	47
4.3.2 Fiksator ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Yıkama Haslık Sonuçları.....	52
4.4 Tannik Asit Kullanılarak Yapılan Ard İşlemin Sonuçları.....	55
4.5 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Renk Verimi Sonuçları	58
4.6 Tannik Asit ile Ard İşlem Görmüş Kumaşların Haslık Sonuçları.....	59
4.6.1 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Su ve Sürtme Haslık Sonuçları	59

4.6.2 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Yıkama Haslık Sonuçları.....	60
4.7 Yapılan Ard İşlemlerin Renk Değişimine Etkisi.....	61
5 SONUÇ	68
6 KAYNAKLAR	70
7 EKLER.....	73
EK-1 Renk Değerlerinin İncelendiği Anyonik Fiksator ile Ard İşlem Sonuçları	73
EK-2 Renk Değerlerinin İncelendiği Tannik Asit ile Ard İşlem Sonuçları	75
EK-3 Yapılan Ard İşlemlerin Renk Değişimine Etkisi	78
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Asit ve baz ilavesi ile çözeltideki renk değişimi	16
Şekil 2.2 Hipsokromik ve batokromik kayma.....	17
Şekil 2.3 Fenolftalein halokromik boyasının deprotonlanmayla halkanın açılması	17
Şekil 2.4 Bromkresol yeşilinin asit ve baz çözeltilerindeki sarıdan maviye doğru değişimi	18
Şekil 2.5 Dialkoxyluoranlar	18
Şekil 2.6 Azo karakterli indikatörler	18
Şekil 2.7 Benzenden apidik asit sentezi	20
Şekil 2.8 Fenolden apidik asit sentezi	20
Şekil 2.9 Hekzametilen di amin ve adipik ait polikondenzasyon reaksiyonu	21
Şekil 2.10 Poliamid 6.6 işlem akış diyagramı	22
Şekil 2.11 Poliamid 6,6 lifinin boyuna ve enine kesit görünüşü.....	23
Şekil 2.12 Monosülfonat ve disülfonat tipi asit boyarmaddeleri	25
Şekil 2.13 Reaksiyon ürünleri, formaldehit ve aromatik sülfonik asitler, (sintanlarla) naylonun yaş haslığını geliştirilmesi	32
Şekil 2.14 Tannik asidin makromolekül yapısı	33
Şekil 3.1 Alizarin Kırmızı S 'nin makro molekül yapısı	34
Şekil 3.2 Bromkresol Moru'nun makro molekül yapısı	34
Şekil 3.3 Renk çemberleri	37
Şekil 3.4 Üç boyutlu renk düzlemi renk düzlemi	38
Şekil 3.5 Halokromik boyalar ile poliamidin boyanması.....	40
Şekil 3.6 Boyanmış kumaşlara fiksator ile ard işlem	40
Şekil 3.7 Tannik asit ard işlem metodu	41
Şekil 4.1 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası L* değerleri	42
Şekil 4.2 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası b* değerleri	42
Şekil 4.3 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası a* değerleri	42
Şekil 4.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası L* değerleri	43
Şekil 4.5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası b* değerleri	43
Şekil 4.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası a* değerleri	44
Şekil 4.7 Bromkresol Moru ile boyanmış naylon kumaşta fiksator cinsi, fiksator miktarı ve boyama konsantrasyonunun renk verimi üzerine etkisi	45
Şekil 4.8 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylon kumaşta fiksator cinsi, fiksator miktarı ve boyama konsantrasyonunun renk verimi üzerine etkisi	45
Şekil 4.9 % 0,7 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	49
Şekil 4.10 %1 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	50
Şekil 4.11 %1,5 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	50
Şekil 4.12 % 0,7 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	51
Şekil 4.13 % Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	51

Şekil 4.14 % 1,5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi	52
Şekil 4.15 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası L* değerleri	55
Şekil 4.16 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası a* değerleri	55
Şekil 4.17 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası b* değerleri	56
Şekil 4.18 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası L* değerleri	56
Şekil 4.19 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası a* değerleri	57
Şekil 4.20 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası b* değerleri	57
Şekil 4.21 Bromkresol Moru ile boyanmış naylon kumaşta tannik asit oranının renk verimi üzerine etkisi	58
Şekil 4.22 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylon kumaşta tannik asit oranının renk verimi üzerine etkisi	58
Şekil 4.23 Bromkresol Moru için Dalgaboyu-% reflektans grafiği	61
Şekil 4.24 Alizarin Kırmızı S için Dalgaboyu-% reflektans grafiği	62
Şekil 4.25 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	62
Şekil 4.26 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Setafix S %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	63
Şekil 4.27 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Erional FRN %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	63
Şekil 4.28 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Polyfix PA %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	64
Şekil 4.29 % 0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	65
Şekil 4.30 % ,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Setafix S%3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	65
Şekil 4.31 % ,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Erional FRN %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	66
Şekil 4.32 % 0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Polyfix PA %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği	66
Şekil 7.1 % 0,7 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	78
Şekil 7.2 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	78
Şekil 7.3 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Polyfix PA ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	78
Şekil 7.4 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	78
Şekil 7.5 % 1 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	79
Şekil 7.6 % 1 Bromokresol Moru %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	79
Şekil 7.7 % 1 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	79

Şekil 7.8 % 1,5 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	79
Şekil 7.9 % 1,5 Bromokresol Moru %3 Hydrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	80
Şekil 7.10 % 1,5 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	80
Şekil 7.11 % 0,7 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	80
Şekil 7.12 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	80
Şekil 7.13 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Hydrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	81
Şekil 7.14 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	81
Şekil 7.15 % 1 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	81
Şekil 7.16 %1 Alizarin Kırmızı S %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	81
Şekil 7.17 % 1 Alizarin Kırmızı S %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	82
Şekil 7.18 % 1,5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk	82
Şekil 7.19 % 1,5 Alizarin Kırmızı S %3 Hydrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	82
Şekil 7.20 % 1,5 Alizarin Kırmızı S %2 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Bromokresol Moru ile boyanmış ve fiksatörlerle ile ard işlem görmüş kumaşların sürtme haslıkları	47
Çizelge 4.2 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve fiksatörlerle ile ard işlem görmüş kumaşların sürtme haslıkları	48
Çizelge 4.3 Bromokresol Moru ile boyanmış anyonik fiksatörlerle işlem görmüş kumaşların yıkama haslıkları	53
Çizelge 4.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatörle işlem görmüş kumaşların yıkama haslıkları	54
Çizelge 4.5 Bromokresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları	59
Çizelge 4.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları	59
Çizelge 4.7 Bromokresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş numunelerin yıkama haslıkları	60
Çizelge 4.8 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş numunelerin yıkama haslıkları	60
Çizelge 7.1 Bromokresol Moru ile boyanmış anyonik fiksatörlerle ard işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları	73
Çizelge 7.2 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatörlerle ard işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları	74
Çizelge 7.3 Bromokresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları	75
Çizelge 7.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları	75
Çizelge 7.5 Bromokresol Moru ile boyanmış ve fiksatörlerle ile ard işlem görmüş kumaşların su haslıkları	76
Çizelge 7.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve fiksatörlerle ile ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları	77

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1 pH indikatörleri ve pH aralıkları	16
Tablo 2.2 Doğal pH indikatörleri	19
Tablo 2.3 Poliamid 6,6 lifinin mukavemet ve uzama özellikleri	23
Tablo 2.4 Çalışma kapsamında kullanılan fiksatorler	31
Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan halokromik boyalar	35
Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan tekstil materyalinin dokuma özellikleri.....	35

1 GİRİŞ

Akıllı tekstiller son yıllarda birçok araştırmacının ve akademisyenin dikkatini çekmiş ve tüm dünyada çalışılan araştırma konularındandır. Bu çalışma konularının arasında özellikle renk değiştiren yada kromik tekstiller sahip olduğu özelliklerle bambaşka çalışma konularının kapısını aralamıştır. Kromik materyaller, dış etkenler sonucu renk değiştiren, rengi yok olan ve renk yayan materyallerdir(Çoskun 2007) .

Tekstilde en çok uygulama alanı bulan ışık etkisi ile renk değiştiren materyaller (fotokromik) ve ısı ile renk değiştiren materyaller (termokromik) olmuştur(Mattilla 2006). Asitlik derecesi veya pH ise diğer bir önemli parametredir ve henüz bu alandaki çalışmalar başlangıç aşamasındadır. Halokromizm, çözeltiyeye asit veya bazların eklenmesi sonucu çözeltide oluşan renk değişikliğidir. pH derecesinin değişmesi sonucu renkte tersinir bir değişiklik gözlenir. Literatürde yapılan çalışmalar daha çok yeni pH-duyarlı boyarmaddelerin sentezlenmesi üzerinedir. Bu boyarmaddelerin tekstil materyalleri üzerine immobilizasyonunda oldukça kısıtlıdır (Schueren ve Clerck 2010).

Halokromik tekstiller bir çok uygulama alanında yer alabilirler. Ortamda asit buharı varlığında koruyucu giysi olarak, yaraların iyileşme süreçlerini takipte bandajlarda basit bir renk değişimi gözlenerek veya filtrelerin performansını belirlerken suyun pH derecesinin etkisini saptamada kullanılabilirler. Ayrıca toprağın pH derecesi bitkiler büyümesinde oldukça etkilidir ve bu yolda pH-duyarlı ajanlar ziraatekstil ürünleriyle kullanıldığında tarımda oldukça yararlı olabilir. Dahası pH insan vücudu için hayati bir parametredir. Ter, idrar, burun akıntısı, vb. asitliğinin belirlenmesinde halokromik tekstillerin kullanımı oldukça faydalıdır. Bütün bu nedenlerde dolayı halokromik boyaların tekstil mamullerine uygulanması üzerinde çalışmaya değer bir alandır (Schueren ve Clerck 2012).

Boyalı tekstil malzemelerinde iyi veya çok iyi yaş haslıklar istenmektedir. Önceki yapılan çalışmalarda boyama sonrası akma ve haslık sorunlarıyla karşılaşılmıştır (Schueren ve Clerck 2010). Bu problem katyonik fiksatörlerle giderilmeye çalışılsa da istenilen başarı yakalanamamıştır (Schueren ve ark. 2012). Bunun en önemli nedenlerinden biri boyanın iyi çekmemiş olmasıdır. Ekolojik tekstil standartlarına göre bu haslıkların belirli bir değerde

olması istenmektedir(www.oeko-tex.com). Bu çalışmanın amacı, akıllı tekstillerde kullanılmak üzere tasarlanan pH-sensörü uygulamalarında yer alan halokromik boyaların yaş haslıklarını iyileştirerek kullanım dayanımlarını arttırmak ve bir çoğu prototip aşamasında olan akıllı tekstil ürünlerinin günlük hayatta kullanıma geçmesine katkıda bulunmaktır. Bu nedenle tez projesi kapsamında pamiamid 6.6 liflerinin yaş haslıklarını geliştirmede kullanılan fiksator ve tannik asit kullanılmış ve işlemlerin haslıklara etkisi incelenmiştir.

1.1 KAYNAK ÖZETLERİ

Örgü naylon 6,6 kumaşlar üç farklı egaliz ve dinkleme tipi asit boyarmaddeleriyle boyanmıştır. Ard işlem olarak sintan ve iki adımlı tanenleme prosesi uygulanmıştır. Daha sonra ISO 105:C06/C2 standardına göre yıkama haslığı testi uygulanmıştır. Sintan ile yıkama haslığı iyileştirilirken, tannenleme prosesiyle oldukça etkili bir yıkama haslığı elde edilmiştir(Burkinshaw ve ark 2000).

Örgü naylon 6,6 kumaşlar üç farklı asit boyarmaddeleriyle boyanmıştır. Boyanmış kumaşlara dört farklı ard işlem uygulanmıştır. Bunlardan ilkinde iki farklı ticari sintan kullanılmış, ikincisinde iki adımlı tanenleme(tannik asit), üçüncüsünde tannik asit/metal tuzu(potassium antimony tartarat), dördüncüsünde tannik asit/ enzim işlemi uygulanmıştır. Boyanmış kumaşlar beş defa yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Kuzey Avrupa 'da uygulanan üç farklı yıkama sıcaklığında (40°C,50°C,60°C) yıkama haslık testleri uygulanmıştır. Uygulanan dört yöntemde ve farklı sıcaklıkta yapılan haslık testlerinde oldukça iyi bir ilerleme kazanılmıştır. Tannik asit/ enzim prosesinin diğer tannik asit uygulamalarına göre daha çevreci olduğu belirtilmiştir (Burkinshaw ve Bahojb-Allafan 2003a).

Tek banyo, iki adımlı ard işlem asit boylarıyla boyanmış naylon 6,6 örgü kumaşlar için geliştirilmiştir. Bu çalışmada tannikasit/ enzim(Savinase) ve klasik tannik asit/ potassium antimony tartarat ile boyanmış naylon 6,6 kumaşlara ard işlem uygulanmıştır. Enzimler için optimum çalışma koşulları 70° C pH 6 olarak saptanmıştır. Tannik asit/ enzim prosesinin, tannik asit / potassium antimony tartarat göre daha çevreci olduğu belirtilmiş ve bir alternatif proses olabileceği öne sürülmüştür. (Burkinshaw ve Bahojb-Allafan 2003b)

Beş farklı ticari asit boyarmaddesiyle boyanmış örgü naylon 6,6 kumaşlar tannikasit / enzim prosesi uygulanmıştır. Bu kapsamda dört farklı proteaz enzimi (Savinase, Esperase, Neutrased, Alcalase). Farklı sıcaklıklarda (40°C,50°C,60°C) yıkama haslık testleri uygulanmıştır. Uygulanan dört çeşit enzimde de farklı sıcaklıkta yapılan haslık testlerinde oldukça iyi bir ilerleme kazanılmıştır. En etkili enzim Savinase olarak belirlenmiştir. (Burkinshaw ve Bahojb-Allafan 2004a)

Beş farklı asit boyarmaddesiyle boyanmış örgü naylon 6,6 kumaşlar tannik asit ile dört farklı pH (pH 3,4,5,6) ile işleme tabi tutulup haslıklar incelenmiştir. Maksimum etki pH 6 olarak belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda (40°C,50°C,60°C) yıkama haslık testleri uygulanmıştır. 40°C de iyi bir haslık gözlemlenirken sıcaklık arttıkça bu etkinin azaldığı fark edilmiştir. Sadece tannik asit ile yapılan bu iyileştirme tannik asit/ potassium antimony tartarat ile yapılan iyileştirmeden daha çevreci olduğu belirtilmiştir (Burkinshaw ve Bahojb-Allafan 2004a) .

pH duyarlı boyaların sentezlenmesi üzerine yapılan çalışmada geliştirilen 1-[(7-Oxo-7H-benzo[de]anthracen-3-ylcarbamoyl)-methyl]-pyridinium chloride halokromik boyayla, hem flurasan değişimi hem de pH değerine bağlı renk değişimini viskon kumaşa uygulayarak incelenmiştir. Renk değişimi hızlı ve tersinir bir şekilde sarıdan turuncu-kırmızıya doğru olmuştur. Boyanmış viskon kumaşın pH 5.2-11.4 ve tam tersi pH11.4-5.2 dönmesi ve tekrarlanabilirliği gözlemlenmiştir. Viskoza kumaş kesin olarak pH 10.5-12.5 arasında sensör olarak kullanılabilmiştir (Staneva ve Betcheva 2007).

Terin içerisinde yer alan bileşenler kişilerin fiziksel durumlarıyla ilgili bilgi sağlamak için kullanılabilir. Geliştirilen tekstil pH-sensörüyle terin pH değerini gerçek zamanlı olarak görüntülenmiştir. Dizaynda, nem emici, hidrofobik ve yüksek absorban materyallerle tekstil kombine edilmiştir. Tekstil esaslı kanallar pH duyarlı boya (Bromocresol Purple pH 5,2-6,8) nem emici kısma immobilize edilmiştir. Tersinir renk değişimi gözle görülür bir şekilde gerçekleşmemiş bunun için LED görüntüleme tekniği kullanılmıştır. Sarıdan maviye doğru bir renk değişimi gözlemlenmiştir (Morris ve ark. 2008).

Pamuk ve naylon kumaşlar bir dizi pH-indikatör boyalar ile boyanmış ve bunlardan tatmin edici sonuca ulaşılan iki boya daha detaylı araştırılmıştır. Brilliant Yellow bir anyonik diazoboyasıdır ve pH değeri 6.5-8 arasındadır. Alizarin bir antrakinon boyasıdır ve pH değeri 5.8-7.2 ve pH değeri 11-13 arasındadır. Boya ve lifin etkileşiminden dolayı BrilliantYellow

ile boyanmış pamuklu kumaşın absorpsiyon değerinde küçük bir fark oluşmuştur. Lif cinsinin halokromizmi etkilediği fark edilmiştir(Schueren ve Clerck 2010).

Elektrospining yöntemiyle poliamid 6.6 polimer solüsyonuna halokromik boyalar (Bromocresol Purple ve BrilliantYellow) ekleyerek halokromik davranış incelenmiştir. Bunun sonucunda çözeltiliye eklenen halokromik boyanın, lif çapını ve elektrospining prosesini etkilemediği fark edilmiştir. Elektrospinning yöntemi ile üretilen tülbentte, pH değişimine bağlı renk değişimi açık bir şekilde gözlemlenmiştir. Halokromik boyalar nanoliflere uygulanarak pH sensörleri elde edilmiştir (Schueren ve ark. 2010).

Metil Kırmızısı asidik çözeltilerde kırmızı renk alan bir asit-baz indikatörüdür. Metil kırmızısı selülozik(pamuk) ve poliamid lifine sol-jel yöntemi kullanarak halokromizmi araştırılmış ve pH sensörü olarak uygulanabilirliğini incelemiştir. Sol-jel yöntemiyle hem pamukta hem poliamidde belirgin bir halokromik renk değişimi gözlemlenmiştir. Sonuç olarak pH-indikatörü metil kırmızısının halokromik sensör olarak kullanımda sol-jel yönteminin konvansiyonel boyama alternatif bir metot olduğu kanıtlanmıştır(Schueren ve ark. 2012).

Nitrazine Yellow azo karakterli bir pH-indikatörüdür ve renk değişimi sarıdan maviye doğru gerçekleşir. NitrazinYellow boyası farklı poliamid yapılarıyla (6 ve 6.6) değişik konsantrasyonlarda hem konvansiyonel boyama metoduyla hem de elektrospining prosesi başlamadan önce polimer solüsyona eklenerek halokromik davranışı incelenmiştir. Steroskopik veriler ve bilişimsel hesaplamalar göstermiştir ki, NitrazinYellow solüsyon içinde iken azohydranonetotemeri halokromizimden sorumludur. Hydranonetotemeri pH değerinin yükselmesiyle birlikte batokromik yer değişim gözlemlenmiştir. Poliamid tipinin ve tekstil yapısının, boyaya erişimi ve farklı etkileşimi halokromizmi etkilediği anlaşılmıştır(Schueren ve ark. 2012).

2 KURAMSAL TEMELLER

2.1 Akıllı Tekstiller

2.1.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı

Akıllı tekstiller teknik tekstiller içerisinde katma değeri en yüksek ve ileri teknoloji gerektiren alanlardan birisidir. Akıllı tekstiller tıbbi tekstiller, koruyucu ve askeri teknik tekstiller, taşımacılık teknik tekstilleri gibi birçok alanın kapsamına giren, ancak yüklendikleri işlev ve yapıları itibarıyla ayrı bir kategoride değerlendirilmesi gereken bir gruptur.

Akıllı tekstiller tekstil teknolojisi ve sentetik elyaflardaki gelişmelerle birlikte malzeme bilimi, tasarım, elektronik ve bilgisayar mühendisliği, tıp gibi disiplinler arası bir çalışma sonucu ortaya çıkmıştır. Son birkaç yıl içerisinde, tekstil ve hazır giyim sektörleri içerisinde önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Gelecekte de akıllı tekstillerin değer yönünden tekstil ve hazır giyim sektörünün en önemli bölümünü oluşturacağı tahmin edilmektedir.

Normal tekstil ürünlerinin doğal atmosfer şartlarından koruma ve süsleme özelliklerine ilaveten akıllı tekstiller, herhangi bir etkiyi veya etki değişikliğini algılama ve buna tepki verme özelliğine sahip tekstil ürünleridir. Eğer tekstil ürünü etkiyi veya değişikliği sadece algılıyorsa buna “pasif akıllı tekstil ürünü” denilmektedir.

Eğer tekstil ürünü etkiyi veya etki değişikliğini algılayıp buna bir tepki veriyorsa buna “aktif akıllı tekstil ürünü” denilmektedir. Örneğin bir perdenin kolomatik özellikte bir boyarmaddeyle boyandığı düşünüldüğünde, ışık durumuna göre perdenin renginin koyulaşıp açılması ve odanın hep aynı derecede aydınlık olması bu ürünü aktif akıllı tekstil yapmaktadır (Arslan 2009).

2.1.2 Akıllı Tekstillerin Sınıflandırılması

Almanya’da tekstil ve hazır giyim konularında çalışmalar yapan Hohenstein Araştırma Enstitüsü, akıllı tekstilleri 5 alanda gruplayan ve sınıflandıran bir sistem oluşturmuştur:

2.1.3 Transfer Sistemleri

Transfer sistemlerinde nanokapsüller, moleküler veya mikrokapsüller ile birleştirilmiş tekstil yüzeyleri neme, basınca ve sıcağa maruz kaldığında belirli aktif maddeler yaymaktadırlar. Bu tür tekstiller tıbbi alandaki teşhis uygulamalarında ve sporcuların doping kontrollerinin yapılmasında kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda moleküler yapılar insan tenindeki ifrazatları emmekte ve bunları tıbbi olarak değerlendirmektedir. Diğer sektörlerde kullanım alanları olarak ise tekstiller güzel kokulu maddeler, vitaminler, böcek kovucular ve çok sayıda madde ile donatılabilmektedirler (Arslan 2009).

2.1.4 Adapte Olabilen Sistemler

Adapte olabilen sistemler kendiliğinden çevredeki ve vücuttaki değişen şartlara adapte olmaktadır. Bunlar nem, ışık ve ısı değişimlerine reaksiyon göstermektedirler. Örnek olarak, ısı değişikliklerine kendiliğinden adapte olan ceket ve kazaklar gösterilebilir. Bu teknolojiye dayalı malzemeler ilk olarak, astronotları aşırı soğuk ve kavurucu sıcaklıklar arasındaki ısı değişikliklerinin etkilerinden korumak için uzay elbiseleri ve eldivenlerinde kullanılmıştır. Günümüzde ise bu teknoloji daha çok aktif spor ve boş zaman teknik tekstilleri için kullanılmaktadır. Bu kapsamda İtalyan Corpe Nove firmasındaki düşüş ve yükselmelere göre kolu kısalan ve uzayan bir elbise geliştirmiştir(Arslan 2009).

2.1.5 Akıllı Giysiler

Akıllı giysiler, elektronik parçaları giysilere entegre eden tekstil temelli bilgi ve iletişim teknolojilerini içermektedir. Elektronik parçalar bilgisayar klavyesi, cep telefonları, mikrofonlar, mp3 çalarlar, video kameralar hatta uydu sistemlerinden oluşmaktadır. Bu gruba, giyen kişinin kalp atışı, nefes alışı, nabız ölçümü, vücut sıcaklığının izlenmesi gibi 30 hayati değişkeni 24 saat boyunca izleyebilen, gerekli durumlarda kablosuz iletişim ağıyla gerekli kişileri anında haberdar eden “hayat elbisesi” (life shirt) örnek gösterilebilir. Bu giysi aynı zamanda her yıl binlerce uyuyan bebeğin ölümüne neden olan ani bebek ölümü sendromunun önüne geçebilmek için, bebeğin soluk alması durduğunda, kalp atım sayısında yada vücut ısısında beklenmedik bir değişiklik olduğunda ebeveynleri haberdar etmektedir. Giysi söz

konusu değişiklikleri kişisel dijital yardımcılar (PDA) veya kişisel bilgisayarlara aktarmaktadır(Arslan 2009).

2.1.6 Aktarıcı Sistemler

Bu gruptaki akıllı tekstiller, lazer kodları veya radyo frekans alanları kullanılarak içeriği değiştirilebilen veya yüklenilebilen minyatürize edilmiş elektronik depo araçlarıdır. Örneğin, bir kumaşla bilgi entegre edilebilmekte ve bilgi tekstil zinciri boyunca muhafaza edilerek hazır giyim üreticisinin kullanımına sunulabilmektedir(Arslan 2009).

2.1.7 Mikroteknoloji ve Nanoteknoloji

Mikroteknoloji ve nanoteknoloji kullanılarak tekstil ve elektronik daha fazla birleştirilmektedir. Çok küçük elektronik parçalar ve duyargalar (sensörler) görünmeyecek bir şekilde tekstil ürünlerine entegre edilmekte ve bu ürünler otomatik izleme, düzenleme ve kontrol yapabilmektedirler(Arslan 2009).

2.1.8 Akıllı Tekstillerin Kullanım Alanları

Tekstil tarihi, binlerce yıl öncesine uzanmasına rağmen, devrim niteliğindeki gelişmeler son elli yıl içinde gerçekleşmiştir. Bu gelişmelerin çoğu, askeri alanlarda yapılan araştırmaların sonucunda ortaya çıkmıştır. Fiberglas yapılar, kuşun geçirmez yelekler, kimyasallara karşı koruyuculuk sağlayan giysiler, uçaklarda kullanılan malzemelere bakınca, “akıllı tekstillerin ilk uygulamalarının da, askeri ve ilgili alanlarda yapılan Ar-Ge çalışmaları sonucunda ortaya çıkmasına şaşırılmamak gerekmektedir.

Savaşlardaki en önemli unsur insanlardır. Silahları ateşleyen, tankları ve uçakları kullanan, savaş alanında çarpışan insanların silah güçlerinin yanında, onları tüm dış etkenlerden koruyacak ve onlar hakkında sürekli bilgi akışı sağlayacak akıllı giysiler üzerinde çalışmalara başlanmıştır. Yeni yüzyıl askerilerinin giysilerinde istenen en önemli özellikler, giysinin içinde iletişim donanının olması, giyenin fiziksel durumunun takip edilmesi, askerinin sürekli

yerini bildirmesi, çevreden gelen ışığı algılayabilecek ve buna göre kamuflaj düzenini ayarlayabilecek, ateşli silahlara, radyasyona, kimyasal ve biyolojik maddelere karşı koruma sağlayabilecek ve tüm bu özelliklerinin yanı sıra, askerin manevra kabiliyetini kısıtlamayacak tarzda hafif olan giysiler tasarlanmaktadır.

Günümüzde telsiz taşıyan askerlerin en önemli sorunu, telsizin üzerlerinde yarattığı ağırlıktır. Bu ağırlığın en önemli sebebi de, telsiz içindeki pillerdir. Askeri tekstil malzemelerine bilgisayar mikroçiplerinin entegrasyonu ve bunların bir ağa bağlanması sonucu askerler ile birebir bağlantı kurulması sağlanmıştır. Bunun yanında, GPS (Küresel Konumlama Sistemi-Global Positioning System) adı verilen bir sistemle, her askerin nerede olduğu uydu yardımı ile anlaşılabilir. Bazı tekstil malzemeleri ise vücut ısısı düştüğü zaman, vücuda ısı takviyesi yaparak vücut ısısının belli bir sınırın altına düşmesini ve donmayı engellemektedir.

Du Pont, Massachusetts Institute of Technology (MIT) ile birlikte, askerleri yaralandıklarında tedavi edecek, kimyasal ve biyolojik silahlara karşı koruyacak giysilerin üretimi üzerinde çalışılmaktadır. Farklı iplik kesitleri (oval, kare veya üçgen) kullanılarak, giysiyi giyeni dış ortam sıcaklığındaki değişimlere karşı genişleyip daralarak ısıtan veya soğutan kıyafetler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.

Özel boyanmış iletken lifler kullanılmak suretiyle, elektrik sinyaliyle renk yansıma kalitesinde değişim elde edilmekte ve giysi rengi değiştirilebilmektedir. Bu tip bir özellik değişken bitki örtüsünde savaşan askerlerin arazide kamuflajlarına çok uygundur. Askerler için düşünülen bu tip koruyucu akıllı giysiler, aynı zamanda polis ve itfaiyeciler için de kıyafetlerin kullanım alanlarına göre uyarlanabilmektedir.

Son yıllarda elektriği iletebilen polimerler ile giysilerin birleştirilmesine yönelik çalışmalar sonucu sporculara yaptıkları hareketlerin yanlış olduğunu bildiren, zamanla doğru refleksleri kazanmalarına yardımcı olan “akıllı dizlik” geliştirilmiştir. Dizliğin amacı sıçrama, ani durma ve yön değiştirme gibi hareketlerin sıkça yapıldığı kayak, basketbol, tenis, futbol gibi sporlarda, tedavisi oldukça uzun ve masraflı olan ön çapraz bağ yaralanmalarını önlemektir. Dizliği giyen kişi bu bağları tehlikeye sokacak bir hareket yaptığında, kumaşın esnemesiyle birlikte, dizliğin içinde bulunan polimerlerde değişen elektrik yükü, bir uyarıcıyı harekete geçirerek giyen kişinin yanlış hareket yapmasını önlemektedir.

Freudenberg firması, naylon-polyester mikro liflerden nonwoven kumaş üretimine başlamıştır. Bu kumaşın doğa sporlarında kullanılan giysilerde kullanımı amaçlanmaktadır. Hafif havlı ve şeftali yüzeyine benzer bir yüzeyi olan kumaşın buruşmazlık ve terlemeyi kontrol etme özelliği bulunmaktadır. Teri bedenden uzaklaştırabilmekte ve ultra viyola (UV) koruma özelliği yıkamadan etkilenmemektedir. Hafif ve nefes alabilir yapıdaki kumaş, rüzgarı kesme özelliğine de sahiptir. Bu kumaşın ağırlığı 120g/m² olup, gramajı 200g/m² olan bir kumaşla aynı ısı faktörüne sahiptir. Diğer bir deyişle %40 daha hafif olan kumaş, %30 oranında daha çok ısıtmaktadır.

Elektronik ve telekomünikasyon endüstrileri, 21.yüzyılda hayatımızı yönetir hale gelecek ve bu durumdan konfeksiyon endüstrisi de geniş çaplı etkilenecektir. Gelecekte giysiler sadece kişileri sıcak veya serin tutmakla kalmayacak, aynı zamanda yetenekleri sayesinde dış etkiler-tehlikeler konusunda uyarabilecek, zararlı etkilere koruyabilecek, vücut fonksiyonları hakkında bilgi verebilecek, tedavi amaçlı kullanılacak, kaybolduğumuzda bulunduğumuz yeri saptayabilecek ve fiziksel olarak herhangi bir aktiviteyi yerine getiremediğimiz durumlarda başkaları ile iletişim kurmamızı sağlayabilecektir.

Akıllı tekstillerin yaygınlaşması sonucu deterjan, ütü, ütü masası, çamaşır makinesi gibi birçok sektör derinden etkilenecek belki de tarihe karışacaktır. Bu değişimden moda sektörünün de önemli oranda etkileneceği beklenmektedir. Modanın temelini oluşturan kumaş ve kumaşın temelini oluşturan iplik ve elyaf teknolojilerindeki gelişmelerin sonucunda yeni tarz modacıların ve tasarımcıların ortaya çıkması beklenmektedir.

Buna karşın akıllı tekstillerin üretiminde elektronik bileşenlerin kullanılması nedeniyle giysinin kullanımındaki konfor sorunu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca akıllı tekstillerde kullanılan bu elektronik parçaların vücuda zarar vermesi ve bu ürünlerin işlevlerini yerine getirmesi için gerekli olan enerji maliyeti önemli bir sorundur. Bu sorunu gidermeye yönelik olarak nanoteknoloji ve biyoteknoloji alanındaki ilerlemelerden yararlanılmak suretiyle sorun giderilmeye çalışılmaktadır(Arslan 2009).

2.1.9 Geleceğin Akıllı Kumaşları

Geleceğin akıllı kumaşları ile ilgili teknolojiler, günümüzde yayılan yeni bir dalganın parçası gibi görünmektedir. Tehlikeli kimyasalları algılamak, antimikrobiyel özellik taşımak ve haberleşme aracı olarak hizmet vermek gibi uygulamalar, sağlıktan ve spor eşyalarından gelişmiş savaş üniformalarına kadar yayılan her türlü alanı içermektedir.

Werner Weber Infineon Technologies A.G. of Munich kolektif araştırma ve gelişen teknolojiler yöneticisi “10-15 sene içerisinde insanlar bu teknoloji sayesinde zeka sahibi küçük aletlerle çevrilecekler” sözleri ile geleceği şimdiden tanımlamaktadır. Şirket, tüketicilere yönelik akıllı tekstil uygulamalarında kullanılmak üzere elektronik teknolojiler geliştirmektedir. “Giyilebilir elektronikler, dokunmuş olarak kumaş içinde yer alacak ve bu yüzden tüketici manüeller hakkında düşünmek zorunda kalmayacak” denilmektedir.

Bir başka firma, **elektronik ekose** adı verilen bir teknoloji üzerinde çalışmaktadır. Kumaş, elektronik teller ve ısıtılmasına ya da soğutulmasına bağlı olarak daha açık yada daha koyu olabilen özel bir termo kromatik boya ihtiva eden ufacık kapsüller içermektedir. Kırılmalar engellenebildiği takdirde bu teknolojinin ayakkabılar, mücevher ve çantalarda dizayn ve renk değiştirecek şekilde kullanılması mümkün olacaktır.

Daha uzak bir gelecekte ise bir pantolonun rengini seyahat edilen bölgeye göre siyahtan beyaza değiştirmek bile mümkün olabilecektir. Şu anda elektronikler, her biri açığa yada koyuya dönebilen 64 ipliği aynı anda kontrol edebilmektedir. Üçüncü bir renge dönüşebilmek üzerinde çalıştığı ve geniş renk yelpazesinin buna izin vereceği belirtilmektedir. Üzerinde çalışılan önemli projelerden bir diğeri, vücut ısının bir saati çalıştırabilecek düzeyde düşük güç üreten enerji kaynağı olarak kullanabilecek bir teknoloji geliştirmektir. Buna göre minyatür termo jeneratörler, ısıyı enerjiye çevirerek vücut yüzeyinin dışının sıcaklığıyla çevrenin sıcaklığı arasındaki birkaç derecelik farkı yok edebileceklerdir.

Bu tür teknolojik olanaklar doğal olarak askeri kesimin de büyük ilgisini çekmekte ve silahlı kuvvetler bilgisayar ve iletişim teknolojilerini kumaşa aktarabilmek için birçok deney yapmaktadır. Geleceğin savaş giysileri, askerleri sıcak tutacak ve mikroplara karşı koruyacak, ayrıca tehlikeli kimyasalları algılayarak onlarla savaşacak düzeyde olabilecektir.

Birçok akıllı kumaş, “geleceğin askeri” araştırması kapsamında Natick Mass’daki USArmy Soldier Systems Center’da yapılmaktadır. Örneğin bir asker akıllı eldivenini suyun içine daldırarak içilebilir olup olmadığı anlayabilecektir. Askerler birbirleriyle üniformanın cebine eklenmiş, dikilmiş yada üniformanın kolu olarak dokunmuş kumaş klavyelerle haberleşebileceklerdir. Eğer elektronik ve optik teknolojiler başarıyla tekstil malzemelerine uygulanabilirse savaş alanlarındaki iletişimde göze çarpan bir gelişme yaşanacaktır.

MIT (Massachusetts Institute of Technology) bünyesinde bir Ar-Ge tesisi olarak kurulan Institute for Soldier Nanotechnologies (ISN) enstitüsünün öncelikli hedefleri “**askerlerin korunması ve hayatta kalmasının**” sağlanması için yeni teknolojilerin kullanımı ve geliştirilmesi olarak belirlenmiştir. Bu hedefler; tehlikenin ortaya çıkarılması ve nötralize edilmesi, gizleme, tıbbi tedavinin otomasyonu, gelişmiş insan performansı ve standart donanımlarının hafifletilmesi ile azaltılan lojistik ayak izidir.

Nanoteknoloji ile hafif ağırlıkta moleküler materyaller DuPont tarafından çalışılmıştır ve mümkün uygulamalar; kamufler edici renk değişimi için “akıllı” fonksiyonel ürünler, hafifliğin sağlanması, yara bölgesinde örtülerin tıbbi kullanımı ve fiziksel koşullar için sensorları kapsamaktadır. Ayrıca radyo iletişim materyalleri ile balistikler ve şarapnel koruma gibi daha ileri kullanımlar araştırılmaktadır. Askeri uygulamalar aynı zamanda polisler, itfaiyeciler ve acil servis personelleri için de kullanım alanı bulmaktadır.

Günümüzde alışılmadık dışında akıllı lifler üretebilmek için birçok araştırma yapılmaktadır. Auburn ve North Carolina Üniversitelerinden bir grup araştırmacı Stimull Sensitive Polymer (SSP) adı verilen ve pH, sıcaklık, vb. değişimlerine uyum sağlayarak cevap veren bir lif üretmişlerdir. SSP’ler, düşük mukavemette polimer jelinden oluşturdukları için geleneksel tekstil lifleri ile karıştırılarak mamulün mukavemetinin artırılması sağlanmıştır. Ayrıca bu mamullerde SSP’ye bağlı olarak iyi çevresel adaptasyon ve hassaslığa ulaşılmıştır.

Akıllı tekstiller tıbbi ve hijyenik ürünlerde de geniş olarak kullanılmaktadır. Antimikrobiyel ve diğer koruyucu kumaşlar günlük ve iç giyimde sıkça kullanılmaktadır. Bu tarz kumaşlar hijyeniktir ve atletlerin performanslarını arttırmaktadır. Avrupa nüfusunun %40’ının 2040 yılında 60 yaşın üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, tıbbi kaynakların daha fazla gelişmesine neden olacaktır. ‘**Telemedicine**’ alanı gelişecek ve bu sayede hastanın

kıyafetinde tutulan sensorlar ve telekomünikasyon sistemleri ile hastadan alınan tıbbi veriler toplanılacak ve doktora, hastaneye veya bu tıbbi bilgilerin değerlendirildiği tıbbi monitorleme **istasyonuna** iletilecektir. Mikrosistem teknolojileri ve nanoteknoloji bu alanda kullanılacaktır. Tekstil esaslı medikasyonda nanokapsuller ile kaplanılan tekstillerin kullanılması öngörülmektedir.

Anlaşılacağı üzere giyenlere ve kullananlara örtme ve süslemenin yanında başta sağlık, güvenlik ve enformasyon alanlarında olmak üzere, başka hizmetlerde sunabilen çok fonksiyonlu akıllı (interaktif) tekstil ürünlerinin üretimi ve kullanımı giderek artacaktır.

AB, ABD ve Japonya üniversite ve araştırma merkezlerinde harıl harıl bu konu üzerinde çalışmaktadır. Şu anda yoğun olarak araştırılmaya, geliştirilmeye başlanılmış bulunan çok fonksiyonlu akıllı (interaktif) tekstil ürünlerinin 15-20 yıl içerisinde pazarın yıldızı olması beklenmektedir. Ciddi Ar-Ge çalışmaları sonucu geliştirilecek bu ürünlerde know-how önemli rol oynayacağından, bunların üretimi uzun yıllar güçlü Ar-Ge imkanlarına sahip bilgi toplumu ülkelerin tekelinde kalacak ve dolayısıyla sağladıkları katma değer de en yüksek olacaktır.

Avrupa ve ABD klasik tekstil ve konfeksiyonu bırakmakta, akıllı ve çok fonksiyonlu tekstiller üzerine yoğunlaşmaktadırlar. Çok fonksiyonlu akıllı tekstiller, örtünme ve süslenmenin ötesinde koruma, sağlık ve enformasyon sağlayacaklardır.

Akıllı tekstiller çevresel etkiler nedeniyle önemli ve yeniden üretilebilir otomatik değişim özellikleri olan elyaf ve kumaşlardır. Bu yüzden akıllı lif ve kumaşlar hem giyim hem de giyim dışında birçok alanda kullanılmaktadır. Uyumak üzere olan sürücüler uyandıran araba koltukları, kalp atışlarını dinleyen yatak çarşafı, oda sıcaklığına göre renk değiştiren dokumalar, ne kadar hızlı koştuğumuzu söyleyen ayakkabılar, koltukların koluna iliştirilen televizyon ve müzik seti kumandaları gibi ürünler giyim dışında kullanılan akıllı tekstillere örnek gösterilebilir.

Akıllı tekstillere başka bir örnek de hareket zorluğu çekenler için geliştirilen akıllı elbiselerdir. Japon bilim adamları yaşlı ve sakat kişilerin yürümelerine ve merdiven çıkmalarına yardımcı olan bir robot giysi üretmeyi başlamışlardır(Arslan 2009).

2.2 RENK DEĞİŞTİREN TEKSTİLLER

Renk değiştiren tekstiller; dışarıdan gelen bir uyaran etkisi ile renk değiştirme özelliğine sahip akıllı tekstil materyalleridir.

Renk değiştiren materyallerin, tekstil materyallerinin yapısına katılması ile elde edilirler. Değişik pek çok renk değiştirme mekanizması vardır ancak çoğunlukla dışarıdan gelen uyaran etkisi ile materyalin elektron yoğunluğu ya da moleküler yapısı değişir ve renk değişimi gerçekleşir, uyaran etkisi ortadan kalktığı zaman daha kararlı oldukları ilk hallerine geri dönerler ve ilk renklerini alırlar. Reaksiyonu başlatan etkilere göre farklı isimler almaktadırlar.

Renk değişimi ; ışık etkisi ile gerekleşiorsa fotokromik, ısı etkisi ile gerekleşiorsa termokromik, elektrik akımı ile gerekleşiorsa elektrokromik, çözelti etkisi ile gerekleşiorsa solventkromik, pH değişimi ile gerekleşiorsa halokromik, sürtünme etkisi ile gerekleşiorsa tribokromik, basınç etkisi ile gerekleşiorsa piezokromik, deformasyon etkisi ile gerekleşiorsa mekanokromik, tehlikeli gazlar, NBC etkisi ile gerekleşiorsa 'chemokromik', su etkisi ile gerekleşiorsa higrokromik olarak adlandırılırlar.

Renk değiştiren materyaller ile ilgili çalışmalar 1900'lü yıllardan önce başlamıştır ve ana uygulamaları, ışık etkisi ile renk değiştirme, ısı etkisi ile renk değiştirme, elektrik etkisi ile renk değiştirme alanlarında gerçekleşmiştir. Tekstilde en çok uygulama bulan ışık etkisi ile renk değiştiren materyaller (fotokromik) ve ısı ile renk değiştiren materyaller (termokromik) olmuştur(Mattilla 2006). Yapılan alışmalar sayesinde fotokromik lensler gözlüklerde, termokromik indikatörler bebek kaşıklarında kullanarak günlük hayatımızın içinde yer almıştır. Asitlik derecesi veya pH ise diğer bir önemli parametredir ve henüz bu alandaki çalışmalar başlangıç aşamasındadır. Halokromizm, çözeltiye asit veya bazların eklenmesi sonucu çözeltide oluşan renk değişikliğidir. pH derecesinin değişmesi sonucu renkte tersinir bir değişiklik gözlenir. Literatürde yapılan çalışmalar daha çok yeni pH-duyarlı boyarmaddelerin sentezlenmesi üzerinedir. Bu boyarmaddelerin tekstil materyalleri üzerine immobilizasyonunda oldukça kısıtlıdır(Schueren ve Clerck 2012).

Kromik materyallerin tekstil materyallerine uygulanması değişik aşamalarda değişik yöntemlerle yapılabilir. Örnek olarak, kromik bir boyarmadde, geleneksel boyama yöntemleri ile elyafların boyanmasında kullanılabilir, lif yapısına polimer aşamasında katılıp, eriyikten lif

çekimi ya da yaş çekim yöntemi ile renk değiştiren lifler elde edilebilir, reçine ile karıştırılıp kumaş yüzeyine kaplanabilir, kumaş baskı ya da boyama işleminde kullanılabilir.

Renk değiştiren ipliklerle kumaşa nakış yapılabilir. Genel özelliklerini dikkate alarak kullanımlarını ;

- Moda ve dekorasyon amaçlı kullanım
- Termoregülasyon amaçlı kullanım
- Kamufraj amaçlı kullanım
- Güvenlik-marka korunması amaçlı kullanım
- Spor giysilerde fonksiyonel kullanım şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Moda ve dekorasyon amaçlı kullanım: Çevresel faktörlere bağlı olarak renk değiştiren akıllı tekstiller; sağladıkları estetik avantajlarından dolayı önem taşımaktadır.

Renk değiştiren tekstillerin kullanımının gelecekte moda alanında daha da yaygınlaşacağı ve şu an mevcut etkiler dışında başka bir çok etkiye bağlı olarak da renk değiştirecekleri düşünülmektedir. Moda ve dekorasyon amacı ile kullanımda fotokromik, termokromik, elektrokromik, solventkromik tekstil uygulamaları görülmektedir. Tişörtler, çantalar ve şapkalarda kullanımları mevcuttur.

Termoregülasyon amaçlı kullanım: Termokromik boyarmaddelerin tersinir renk değişimi özelliği, tekstil malzemesinin ısı absorblama özelliğini de dolaylı olarak değiştirmektedir. Açık renklere ısı yansımaları artarken, koyu renklere ısı absorblaması artmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı termokromik boyarmaddeler, çok yüksek sıcaklıklar altında beyaza dönüşen ve bu şekilde ısıyı yansıtan itfaiyecilerin üniformalarının kaplanması ve ayrıca bina kaplamalarında kullanılmaktadır. Termokromik boyarmaddelerin, liflerin boyutsal değişimini hızlandırması da diğer bir termoregülasyon etkisi sağlamaktadır. Yüksek sıcaklıklarda, termokromik boyarmadde içeren lifler kısalmaktadır. Kumaşın gözenekleri genişlemekte ve böylece içeri yüksek miktarda hava girişi sağlanmakta ve buna bağlı olarak da vücut sıcaklığı düşmektedir. Düşük sıcaklıklarda ise lifler uzamakta, gözenekler kapanmakta ve kumaş vücudun sıcaklığını korumaktadır.

Kamufraj amaçlı kullanım: Kamufraj, günümüzde daha çok askeri amaçlı kullanılmaktadır.

Fotokromik boyarmaddelerin tekstil materyalleri üzerinde kamuflaj amaçlı kullanımı 1960'larda Amerikan firması Cynamid'in fotokromik spiropiranları geliştirmesi ile başlamıştır . 1998 yılında Conner, daha önce konvansiyonel boyarmaddelerin kullanıldığı tekstil materyalleri üzerinde fotokromik boyarmaddelerin uygulanma prosesini tescillemiştir. Bu proses, değişik ışık şiddetlerinde gelişmiş kamuflaj etkisi sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, fotokromik ve konvansiyonel boyarmaddelerin birlikte kullanımı ile gölgede ve direk güneş ışığı altında değişik renklerde kamuflaj etkisi elde edilmektedir. Kapalı alanda ve gölge açık alanda renksiz olan, artan güneş ışığı şiddeti altında renklenme özelliği gösteren fotokromik boyarmaddelerin, diğer fotokromik boyarmaddelere nazaran avantajları oldukça fazladır. EIC Laboratuvarları, aniden çevresine göre renk değiştiren bukalemun gibi bir özelliğe sahip elektrokromik kamuflaj üzerinde çalışmaktadır.

Güvenlik-Marka Korunması amaçlı kullanım: Akıllı boyarmaddeler sıklıkla evraklar ve para ile ilgili sahtekârlıkları önlemek için kullanılmaktadır. Benzer şekilde, fotokromik ve termokromik boyarmaddelerle tekstil materyalleri üzerine uygulanan gizli işaretler, taklit ürünlerin orijinalmiş gibi satılmasını önlemektedir. İşaretler, mikrokapsüllenmiş boyarmaddelerin uygun bir yapıştırıcı ile yüzeye kaplanması ile uygulanmaktadırlar.

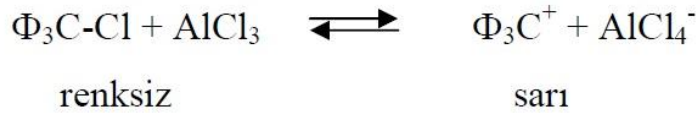
Kullanılan yapıştırıcıya bağlı olarak geçici ya da kalıcı koruma sağlamak mümkündür. Suda çözünebilen yapıştırıcılar kullanıldığında, ilk yıkamada koruma özelliği ortadan kalkmaktadır. Termoplastik yapıştırıcılar, fiksaj işlemi ile daha kalıcı bir koruma özelliği sağlamaktadır. Vücut sıcaklığına bağlı olarak renk değiştiren termokromik boyarmaddeler, giyim esnasında markanın görünür olmasını sağlarken, fotokromik boyarmaddeler kullanıldığında, açık havada, ışığın etkisi ile marka görünür olmaktadır.

Spor giysilerde fonksiyonel kullanım: Spor giysiler; tasarım, malzeme, bilim ve teknolojinin birlikte kullanımı ile çok yapıcı ürünlerin oluşturulabildiği bir alandır. İngiltere'de bir tasarımcı kalp atışlarının ve vücut sıcaklığının artışı ile renk değiştiren bölgeleri olan ve böylece aktivite düzeyi ile ilgili görsel farkındalık sağlayan bir tişört geliştirmiştir.

Tekstil materyallerinin renkleri çok önemlidir ve müşterinin ürünle ilgili karar vermesinde çok önemli bir parametredir. 1990'lı yıllarda ısı ve ışık etkisi ile renk değiştiren materyaller, özellikle moda amaçlı tekstillerde yoğun şekilde kullanılmışlardır. Başlangıçta sadece geçici bir moda akımı olarak değerlendirilmiş olmalarına rağmen, yapılan çalışmalar sonucunda fonksiyonel kullanım alanlarının da ortaya çıkması ile kullanımları yaygınlaşmaktadır (<http://textilojen.blogcu.com/akilli-tekstiller/11092722>)

2.3 HALOKROMİK BOYALAR

Halokromizm Von Baeyer tarafından tanımlanmıştır. Çözeltiye asit veya bazların eklenmesi sonucu çözeltide oluşan renk değişikliğidir. pH'ın değişmesi sonucu renkte tersinir bir değişiklik gözlenir. Renklilik yeni bir kromoforun oluşmasından kaynaklanır (Laurent ve Dürr 2001).



Şekil 2.1 Asit ve baz ilavesi ile çözeltideki renk değişimi (Bozkurt 2007)

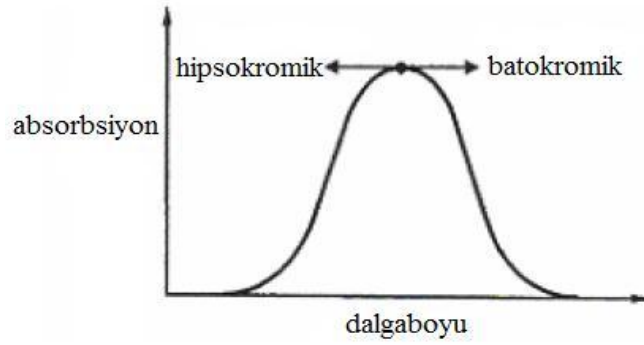
pH'daki değişiklik çözelti içindeki iyonize ve iyonize olmayan yapıların oranında bir değişikliğe neden olur. Bu iki yapı farklı renklere sahiptir ve renkteki değişiklik çözeltinin de renginin değişmesine yol açar. Bu renk değişikliği asit-baz titrasyonlarında kullanılıyor. Halokromdaki renk değişikliği, reaksiyonun sonlanma noktasına tekabül eder(Shindy ve ark.2009)

İndikatör	Asit rengi	pH		Baz rengi
Timol mavisi	Kırmızı	1,2	2,8	Sarı
Metil oranj	Kırmızı	3,1	4,5	Sarı
Bromkrezol yeşili	Sarı	3,8	5,5	Mavi
Metil kırmızısı	Kırmızı	4,2	6,3	Sarı
Turnusol	Kırmızı	5,0	8,0	Mavi
Brom timol mavisi	Sarı	6,0	7,6	Mavi
Timol mavisi	Sarı	8,0	9,6	Mavi
Fenolftalein	Renksiz	8,3	10,0	Kırmızı
Alizarin sarısı	Sarı	10,0	12,1	Eflatun
Nötral kırmızı	Kırmızı	6,8	8,0	Sarı

Tablo 2.1 pH indikatörleri ve pH aralıkları

En yaygın pH-duyarlı boyalar pH indikatörü olarak kullanılan(Tablo 2.1) ve çözeltilerin asitlik derecesini belirleyenlerdir. Fakat son zamanlarda daha hassas sistemlerin geliştirilmesiyle eski önemlerini yitirmişlerdir (Schueren ve Clerck 2012).

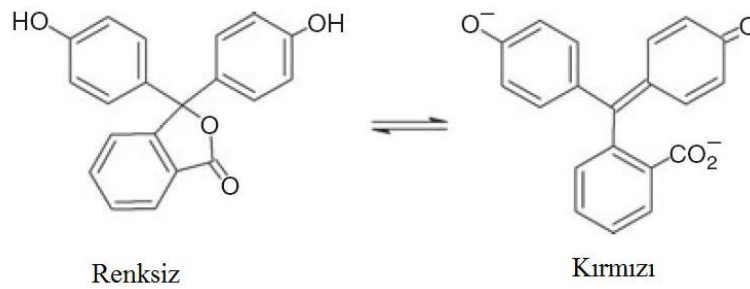
Bu boyaların tanınmasında iki özellik önemlidir; proton yüklenmesinin dengelenmesi ve bu protonların çözeltilere renk vermesi. Günümüzde hesaplamalar mutlak pK değerleri ilgili hacmi doğru tahmini sağlasa da hala kapsam olarak karmaşık *ab-initio* kuantum-teorisi metodundan öteye geçememiştir. Hatta bu yöndeki girişimler, triarilmetan boyalar (Pk_R +değer) VEPPPM metodu kullanılmış ama bir neticeye varılamamıştır (Peters ve Freeman 1995). Birçok halokromik boyada renklerin birinden diğerine geçişinde batokromik yada hipsokromik yer değişim gösterir(Şekil2.2). Absorblanmanın doruk noktası deprotonlamadır (Schueren 2008).



Şekil 2.2 Hipsokromik ve batokromik kayma(Schueren 2008).

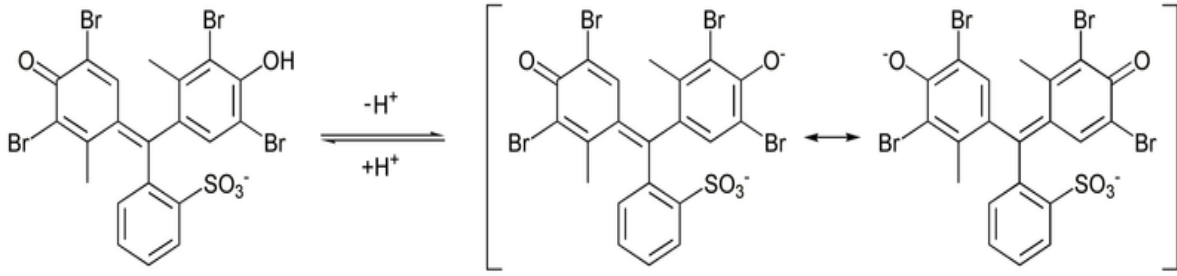
Halokromik boyaları başlıca; ftaleinler, triarilmetanlar, fluoranlar azo boyalar şeklinde sınıflandırılır (Bamfield 2001).

2.3.1 Ftaleinler



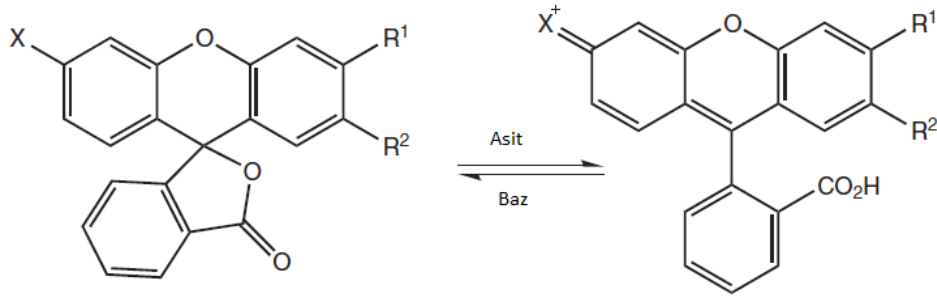
Şekil 2.3 Fenolftalein halokromik boyasının deprotonlanmayla halkanın açılması(Schueren ve Clerck 2012).

2.3.2 Triarilmetanlar



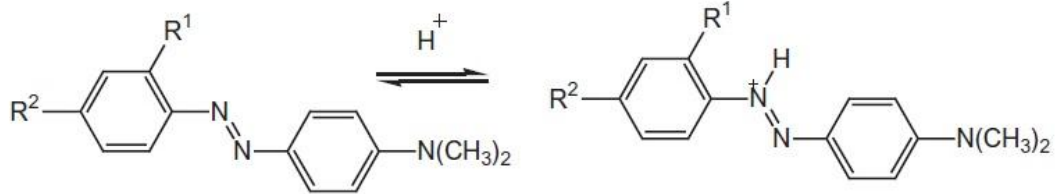
Şekil 2.4 Bromkresol yeşilinin asit ve baz çözeltilerindeki sarıdan maviye doğru değişimi (http://en.wikipedia.org/wiki/Bromocresol_green).

2.3.3 Fluoranlar



Şekil 2.5 Dialkoxyfluoranlar(Bamfield, 2001).

2.3.4 Azo boyalar



İndikatör	R ¹	R ²	pH aralığı
Metil turuncusu	H	SO ₃ H	3.1 (kırmızı) 4.4 (sarı)
Metil kırmızı	CO ₂ H	H	4.4 (kırmızı) 6.2 (sarı)

Şekil 2.6 Azo karakterli indikatörler(Bamfield 2001).

2.3.5 Doğal pH-indikatörleri

Tablo 2.2 Doğal pH indikatörleri (http://en.wikipedia.org/wiki/PH_indicator)

İndikatör	Asidik	Bazik
Ortanca Çiçeği	Mavi	Pembe-Mor
Anyosiyanin	Kırmızı	Mavi
Litmus	Kırmızı	Mavi

2.4 POLİAMİD LİFİ

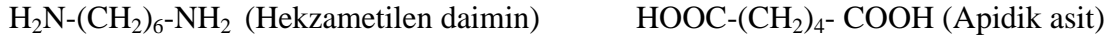
2.5 POLİAMİD 6.6

Dupont firmasında çalışan Amerikan kimyacı W.H.Carothers 'ın başkanlığındaki bir ekip tarafından 1938 yılında üretilen poliamid, ilk sentetik liftir. Aslında poliamid lifinin geçmişinde başarılı bir araştırma ve geliştirme hikâyesi yatmaktadır. 1927 yılında Dupont firması Carothers 'ın liderlik yaptığı bir bilim adamı grubuna, kimya alanında ilerleme sağlayacak bilimsel bilgilere ulaşmaları için sınırsız fonlar ayırdı. Bu ekip, doğal liflerde bulunan uzun-zincirli molekülleri incelemeye başladı ve çalışmaları sonucunda çeşitli polimerler elde edildi. 1930'lu yıllarda, kimyacılar inceledikleri bir maddede olağandışı bir özellik keşfettiler. Bir cam kap içersindeki viskoz malzemeye cam bir çubuk temas ettirilip çekildiği zaman, malzemenin çubuğa yapıştığı ve soğuk havaya çıktığı anda katılaştıran ince bir filamet oluşturduğunu buldular. Bu buluşun üzerine bilim adamları bu tür bir lifi pratik ve ekonomik şekilde üretmenin yollarını aradılar. Daha sonraki yıllarda polimerin geliştirilmesi, verimli üretim yöntemleri bulunması, üretimi için gerekli mekanik ekipman geliştirilmesi ve polimerin kullanıldığı olası ürünler bulunması üzerine çalıştılar. 1938 yılında DuPont bir pilot tesis kurdu. Bir yıl sonra büyük ölçekli bir tesis üretime geçti. 15 Mayıs 1940 tarihinde poliamid veya daha sık kullanılan ticari ismiyle naylondan üretilen bayan çorapları piyasaya çıkarıldı.

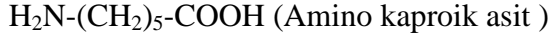
En genel iki tipi poliamid 6,6(poliheksametilenadipamid) ve poliamid 6 (polikaprolaktam)'dır. Bunları üretiminde kullanılan çeşitli hammadde ve kaynakların başında benzen, fenol, 1,3 butadien ve tetrahidrofuran yer almaktadır.

İlk poliamid 6,6 tipiydi. Bu sayılar, bu tür poliamidin üretiminde kullanılan monomerlerin her birinde altı adet karbon atomu bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Poliamid 6.6; 6 karbonlu amin ve 6 karbonlu asit ile oluşturduğunu gösterir (Dayıoğlu ve Karakaş, 2008).

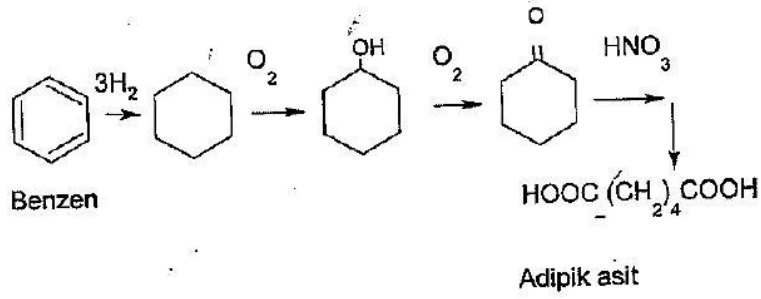


Poliamid 6; 6 karbonlu amino asit ile oluşturduğunu gösterir.

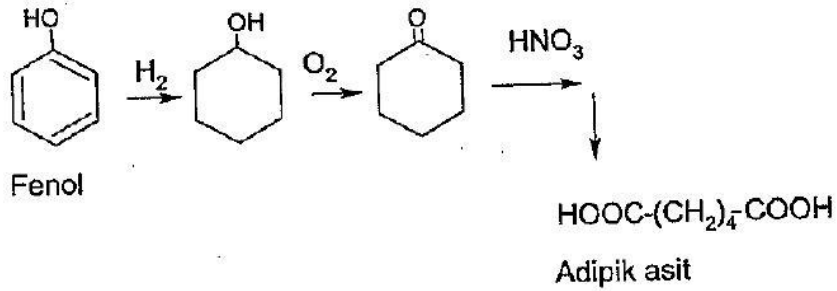


2.5.1 Poliamid 6.6 ‘nın Üretimi

Poliamid 6.6, heksametilendiamin ve apidik asidin kondensasyonu ile elde edilen liner bir polimerdir. Apidik asit benzen veya fenolden sentez edilebilmektedir.



Şekil 2.7 Benzenden apidik asit sentezi

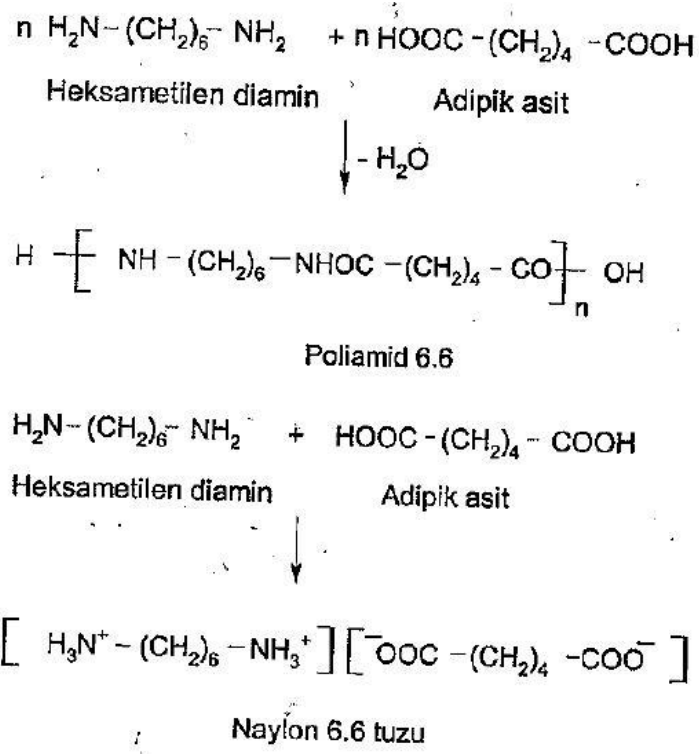


Şekil 2.8 Fenolden apidik asit sentezi

Stokiyometrik oranlardaki heksametilen diamin ve apidik asit polikondenzasyon reaksiyonuna sokulur.

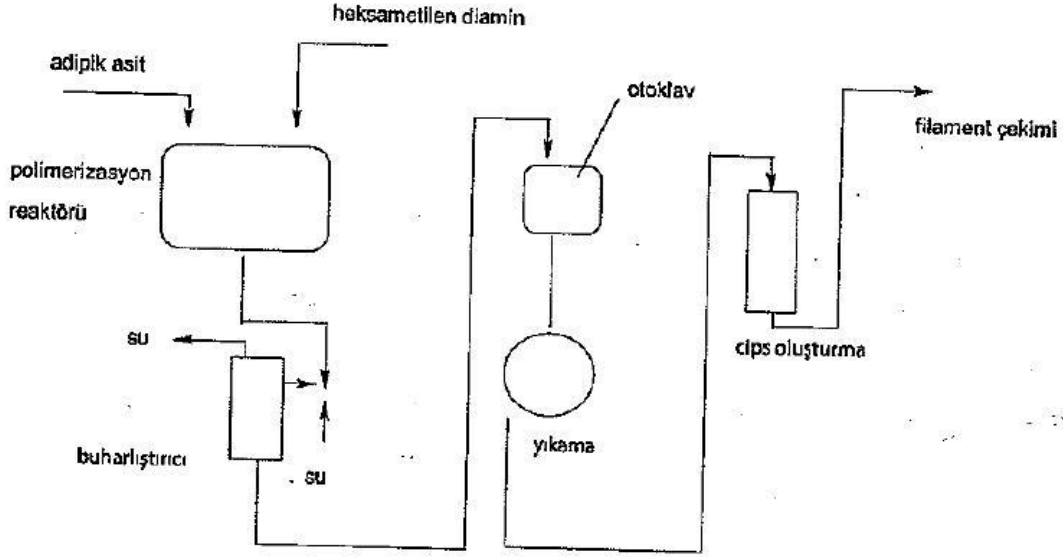
Polikondenzasyon işleminde, bu monomerlerden ekivalent miktarlarda bir araya getirilerek elde edilen heksametilendiamonyumadipat veya “poliamid 6.6 - naylon 6.6 tuzu” kullanılır. Bu tuz 1 mol diasit ve 1 mol diaminin % 85 ‘lik etilalkol içinde çözüldükten

sonra ısıtılması ve bir buharlaştırıcı %60-80 'lik oluncaya kadar derişikleştirilmesi ile elde edilir.



Şekil 2.9 Hekzametilen di amin ve adipik ait polikondenzasyon reaksiyonu

Polimerizasyon reaktörüne sevk edilen naylon 6.6 tuzuna polimerleşme derecesini kontrol etmek için amino gruplarının bir kısmını bağlayacak miktarda asetik asit ilave edilir.



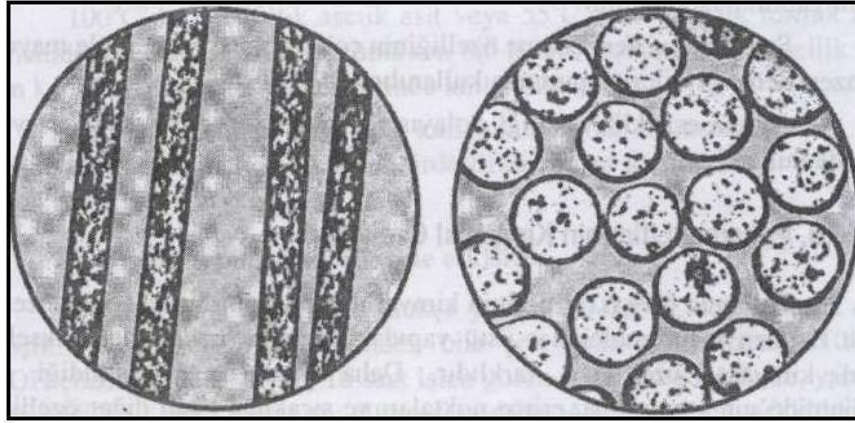
Şekil 2.10 Poliamid 6.6 işlem akış diyagramı

İlk olarak sıcaklık artırılarak 220-230° C' ye getirilir. Bu aşamada 18-23 atümlük bir basınç ortaya çıkar ve naylon 6,6 tuzunda ilk polimerleşme başlar. Reaktörün dibinde çöken erimiş poliamid 6,6 cips (granül) halinde kesilerek depolanır.

Poliamid 6,6 eriyikten lif çekim metoduyla filamet haline getirilir. Lif çekimi esnasında, azot atmosferinde çalışılır. Bunun amacı, polimeri oksijenin etkisinden korumaktır (Dayıoğlu ve Karakaş 2008).

2.5.2 Poliamid 6,6 Lifinin Fiziksel Özellikleri

Poliamid 6,6 lifinin boyuna görünüşü mikroskop altında cam çubuk şeklinde görünür. Enine kesiti genellikle yuvarlak olup, farklı düze profilleri kullanılarak kesit varyasyonları sağlamak mümkündür. Saydamlığı ve parlaklığı üretim esnasında kontrol edilebilmektedir (Dayıoğlu ve Karakaş 2008).



Şekil 2.11 Poliamid 6,6 lifinin boyuna ve enine kesit görünüşü(Samatya 2012)

Poliamid liflerinin en önemli avantajları mukavemet ve aşınma dayanımıdır. Ayrıca, mükemmel uzama ve elastik geri kazanmaya sahiptir. Bu sayede, poliamid 6,6'dan üretilen kumaşlar üstün şekil koruma özelliğine sahiptir. Poliamid 6,6 lifinin mukavemet ve uzama özellikleri Tablo 2.3 ' de verilmiştir.

Poliamid 6,6	Mukavemet (tenasite) (g/denye)		Uzama (%)	
	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş
Normal	4,6-5,8	4,0-5,1	26-32	30-37
Yüksek mukavemetli	9	7	19-24	21-28
Ştapel	4,1-4,5	3,6-4,1	37-40	42-46

Tablo 2.3 Poliamid 6,6 lifinin mukavemet ve uzama özellikleri (Dayıoğlu ve Karakaş 2008).

Özgül ağırlığı 1.14 olan poliamid 6.6 liflerin standart atmosfer şartlarında %4-5 civarında nem çeker. Doğal lifler ile kıyaslandığında düşük olan bu nem absorpsiyonu değerine rağmen çabuk kurur. Bununla birlikte, düşük nem absorpsiyonu ve zayıf elektrik iletkenliği nedeniyle statik elektrik birimi oluşturarak tüketicilere problem oluşturabilmektedir. Statik elektrik oluşumunun engellenmesi için antistatik madde uygulanmalıdır.

Erime sıcaklığı yaklaşık olarak 250° C olup, 150° C'ın üzerinde rengi sararmaya başlar ve kopma mukavemetinde azalma görülür. Tutuşma sıcaklığı 530° C civarındadır. Poliamid 6,6 termoplastik özellikte olduğundan, ısı fikse işlemine tabi tutularak kullanım ve bakım esnasında şeklini koruması sağlanabilir.

Otooksidasyon eğilimi olduğu için, poliamid 6.6 lif çekimi azot atmosferinde gerçekleştirilir. Hava ve gün ışığına karşı fazla dayanıklı değildir(Dayıoğlu ve Karakaş 2008).

2.5.3 Poliamid 6,6 Liflerinin Kimyasal Özellikleri

Poliamid 6,6 lifleri seyreltik asitlerden etkilenmezken, sıcak mineral asitlerde bozunur. Derişik mineral asitler, soğukta dahi liflerin parçalayabilir. %5 'lik sıcak HCl 'de parçalanır. Zayıf inorganik asitlerde ve organik asitlere ise oda sıcaklığında dayanıklıdır. Nitrik asit ve sülfürik asit gibi kuvvetli asitler, liflere soğukta bile zarar verebilmektedir.

Sıcak ve soğukta alkali ortamda dayanıklıdır. Ancak, kuvvetli alkaliler, yüksek konsantrasyon ve sıcaklıkta uygulandığında liflere zarar vermektedir.

Poliamid 6.6 liflerini çözen organik çözücüler derişik formik asit, kresol ve fenol'dür. Ayrıca, kaynar benzilalkol, anilin ve çinkohegzanon gibi organik bileşiklerde de çözünmektedir. Diğer çözücülerde çözünmez. Leke çıkarıcı veya kuru temizleme maddeleri life zarar vermez.

Güneş ışığı poliamid 6.6'yı bozmakta ve uzun süre maruz bırakıldığında önemli mukavemet kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, liflerde sararma görülmektedir. Pencere camı arkasında ise lifler güneş ışığından daha az etkilenmektedir. Işıktan uzak tutulmak kaydıyla depolanarak uzun yıllar saklanabilir. Bu lifler mikroorganizmalara ve böceklere karşı dirençlidir(Dayıoğlu ve Karakaş 2008).

2.5.4 Poliamid 6.6'nın Kullanım Alanları

Monofilamet, mültifilament veya şapnel halde kullanılabilir. Tekstüre edilerek doğal liflere benzetilir ve bu şekilde büyük kullanıma sahiptir.

Özellikle çorap, bayan külotlu çorabı başta olmak üzere tekstilde geniş kullanıma sahiptir. İç çamaşırı, korse, gömlek, mayo, astarlık kumaşlar diğer giysilik uygulama alanları arasında sayılabilir. Ev tekstilinde özellikle halı ve masa örtülerinde kullanım alanı bulur. Giysilerde, döşemelik kumaşlarda, ev tekstil ürünlerinde kullanımının yanı sıra bukleli kumaş üretiminde de kullanılır. Hızlı kuruması ve düşük şişme oranı sayesinde yağmurluk ve

mayolarda kullanım için son derece uygun bir lifdir. Yüksek mukavemeti sayesinde araba lastiği kordunda, emniyet kemerlerinde ve çeşitli kayış üretiminde, paraşüt kumaşlarında, balık ağı, şişme bot, filtre yapımında kullanılır.

Diğer liflerle karışım haline kullanıldığı taktirde ürünün mukavemetini büyük ölçüde artırmaktadır. Bu sebeple, yün başta olmak üzere çeşitli doğal liflerle karışım halinde kullanılmaktadır (Dayıoğlu ve Karakaş 2008).

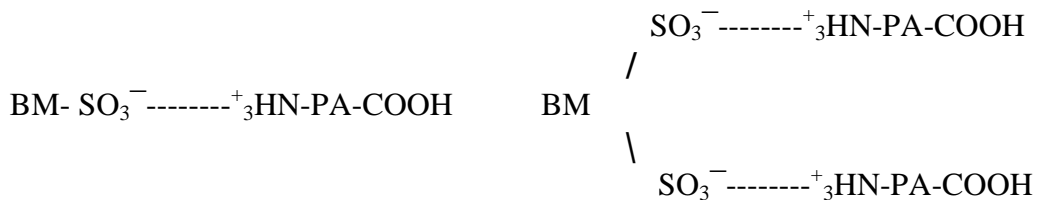
2.6 POLİAMİD LİFLERİNİN BOYANMASI

PA lifleri kimyasal yapı bakımından yün liflerine benzediklerinden yünü boyayan (asit, krom, metal kompleks) boyarmaddelerle ve ayrıca hidrofob yapıları nedeniyle dispers boyarmaddelerle de boyanabilmektedir. Bunların dışında az da olsa bazı seçilmiş reaktif boyarmaddeler ve ayrıca açık renklere pigment boyalar da kullanılabilir (Yurdakul ve Atav 2006).

2.6.1 Poliamid Liflerinin Asit boyarmaddeleri ile Boyanması

Yün lifleri ağırlıklarının %30 'u kadar asit boyarmaddesini alıp bağlayabilirken, PA lifleri %1-5'i kadar asit boyarmaddesini bağlayabilmektedirler. Bu farklılığın nedeni, PA liflerindeki amino grup sayısına göre daha az olmasından ileri gelmektedir.

Asit boyarmaddeleri yapılarında suda çözünürlük sağlayıcı sülfü (SO₃⁻) grubu içermektedirler. Yapılarındaki sülfü grubu sayısına göre; monosülfonat, disülfonat, polisülfonat tipi asit boyarmaddesi diye adlandırılırlar.



Şekil 2.12 Monosülfonat ve disülfonat tipi asit boyarmaddeleri

Bu boyarmaddelerin lifler tarafından alınma hızları ve miktarları farklı olmaktadır. Monosülfonat tipi boyarmaddeler disülfonat tipindekilere nazaran daha hızlı bir şekilde alınmaktadır. Bu husus, özellikle kombinasyonlarda önem taşımaktadır. Çünkü monosülfonat tipindeki boyarmaddeler lifler tarafından daha hızlı alınarak, zaten sayıları kısıtlı olan amino gruplarını doyurabilirler ve disülfonat tipinin bir kısmı flottede kalır ki, durumda istenilen renk tutmaz. Buna “Bloke Tesiri” adı verilmektedir (Yurdakul ve Atav 2006).

PA liflerini boyanan asit boyarmaddelerini üç grupta incelemek mümkündür:

- Nötr veya hafif asidik ortamda boyayan asit boyar maddeleri
- Orta kuvvette asidik ortamda boyayan asit boyar maddeleri
- Kuvvetli asidik ortamda boyayan asit boyar maddeleri (Egalize asit boyar maddeleri)

2.6.2 Kuvvetli Asidik Ortamda Boyayan Asit Boyarmaddeler

Bu boyar maddelere egalize asit boyar maddeleri de denir. Egalize asit boyar maddelerinin poliamid liflerine afiniteleri çok iyi değildir. Bu boyar maddelerle özellikle kaynama sıcaklığındaki boyama esnasında migrasyon yetenekleri çok iyi olduğundan düzgün boyamalar elde edilir. Asidik ortamın ayarlanmasında poliamid lifinin sülfürik asitten bozunmasından dolayı formik asit kullanılır. Bu nedenle bu boyar maddelerle poliamidin boyanması esnasında orta kuvvetli asidik ortamda yapılır. Yüksek ışık haslıklarına sahiptir. Molekül yapıları küçük olduğundan yaş haslıkları düşüktür. Taninleme işlemi ile yaş haslıkları artırılabilir.

Asit boyar maddelerle poliamidin boyanması, yün lifinin boyanmasıyla benzer şartlarda yapılır. Ancak önemli bir nokta yün lifinin kuvvetli asit boyar maddeleri ile boyanması lif yapısı açısından herhangi bir tehlike teşkil etmez. Yün lifi, kuvvetli asidik ortamda boyayan egalize asit boyar maddeleriyle pH 2–3 arasında boyanır. Asidik ortamı sağlamak için sülfürik asit kullanılır. Poliamidin boyanmasında sülfürik asit bu lifin bozunmasına neden olduğu için kullanılmaz. Bu nedenle egalize asit boyar maddeleri ile poliamid elyafı pH 3–4 arasında formik asit ile boyanır.

Egalize asit boyar maddeleri poliamid lifindeki az sayıda amino grubuna bağlandığından koyu ton boyamalarda tercih edilmez. Migrasyon yetenekleri çok iyi olduğundan çizgili (barre-tesiri) boyama vermemesi nedeniyle açık ton boyamalarda kullanılır. Yaş haslıkları iyi

olmadığı için açık ve orta ton renklerin boyanmasında iyi sonuçlar verir. Koyu tonların boyanmasında tercih edilmez(Anonim 2011).

2.6.3 Orta Kuvvetle Asidik Ortamda Boyayan Asit Boyarmaddeler

Bu boyar maddelerin egalize asit boyar maddelerine göre poliamid lifine afiniteleri biraz daha iyidir. Migrasyon yetenekleri ise düşüktür. Bunun için bu boyar maddelerle yapılan boyamalarda sonradan düzgünleştirme zordur. Boyar maddenin başlangıçtan itibaren düzgün bir şekilde alınması gerekir. Küçük moleküllü boyar madde olduğundan yaş haslıkları düşüktür. Koyu ton boyamalarda tercih edilmez. Asetik asit ile boyama ortamı pH 4–5 arasında olacak şekilde sağlanır. pH boyama esnasında değişimini engellemek için sodyum asetat gibi tamponlayıcı maddeler kullanılır. Açık ton boyamalarda çizgisiz boyamalar elde edilir(Anonim 2011).

2.6.4 Zayıf Asidik veya Nötr Ortamda Boyanan Asit Boyarmaddeler

Çok parlak renklere ve oldukça geniş boya gamına sahip asit boyar maddelerdir. Özellikle çok parlak ve özel renkler için kullanılır. Bu boyar maddeler, diğer asit boyar madde sınıflarına göre poliamid elyafına yüksek afinite gösterir. Migrasyon yetenekleri oldukça düşük olan bu boyar maddelerle yapılan boyamalarda sonradan düzgünleştirme zordur. Molekül yapıları, orta kuvvette boyayan asit boyar maddelere göre daha büyük olduğundan iyi yaş haslıklarına sahiptir. Bu boyar maddeler koyu ton boyamalarda tercih edilir. Çünkü düzgün alınmanın zorluğundan dolayı açık veya orta tonlarda çizgili boyama riski vardır. Açık veya orta ton boyamalar yapılacaksa özel yardımcı maddelerle çizgili efektin önüne geçilebilir.

Zayıf asidik ortamda boyayan boyar maddelerin poliamid lifine yüksek afinitesinden dolayı boyama başlangıcından itibaren düzgün boyar madde alınması gerekir. Boyama işlemi pH 5–6,5 aralığında yapılır. pH ayarı asetik asit ve tamponlayıcı madde ilavesi yapılır. Boyamanın düzgün yapılabilmesi için ortamın asitliği, sıcaklığın yüksekliği önemlidir. pH 5 seviyesinde sıcaklığın yükselmesiyle boyar maddenin alınma hızı artar. Bunun için boyamaya pH 6 seviyesinde başlanmalı ve sıcaklık kaynama derecesine kadar yavaş yavaş artırılmalıdır. Boyama pH'ı için asetik asit banyoya 80 °C'de dozajlanarak verilmelidir. Asetik asit boyar maddenin life çekim hızını artıracığından banyoya kontrollü verilmelidir(Anonim 2011).

2.6.5 Metal Kompleks Boyarmaddeler

Metal kompleks boyar maddeler, poliamid liflerinin asit boyar maddelere göre yüksek haslıklarda kolayca boyanmasını sağlayan suda çözünen boyar maddelerdir. Ancak bu boyar maddelere göre asit boyar maddelerin renkleri daha parlak ve canlıdır.

Metal kompleks boyar maddeleri bir çeşit asit boyar maddeleridir. Asıl renk veren maddenin yanı sıra yapısında krom, nikel veya kobalt metallerinin bir veya daha fazla atomunu içeren büyük moleküllü boyar maddelerdir.

Metal kompleks boyar maddeler, yüksek haslıklarından koyu renklerin boyanmasında tercih edilir. Poliamid lifine yüksek afinitesine rağmen migrasyon yeteneklerinin düşük olmasından dolayı düzgün boyama için boyar maddenin başlangıçtan itibaren dikkatli çektilmesi gerekir. Bunun için pH, sıcaklık, yardımcı kimyasal maddeler ve süre gibi unsurlara özen gösterilmesi gerekir.

Poliamid liflerinin boyanmasında oldukça fazla tercih edilen metal kompleks boyar maddelerin üretimi esnasında asıl renk veren madde ile metal iyonları arasında kompleks oluşturulur. Bu boyar maddeler, metal iyonları ile boyar madde moleküllerinin kompleksine göre aşağıdaki gibi iki sınıfa ayrılır.

- 1:1 metal kompleks boyar maddeler
- 1:2 metal kompleks boyar maddeler (Anonim 2011).

2.6.6 1:1Metal Kompleks Boyarmaddeler

Bir metal iyonu ve bir boyar madde molekülü ile kompleks meydana getiren boyar maddelere 1:1 metal kompleks boyar maddeleri denir. Bu boyar madde sınıfının yaş haslıkları 1:2 metal kompleks boyar maddelere göre daha düşüktür. Koyu renk boyamalarda haslık artırma işlemi yapılması gerekir. Çizgili boyama riski olduğu için yardımcı madde kullanılması gerekir. Migrasyon yetenekleri iyi olmadığı için egalize maddesi kullanılması gerekir.

1:1 metal kompleks boyar maddelerin poliamid lifine afinitesi yüksek olduğundan ve “van der walls” çekim kuvvetleri ve hidrojen köprüleri gibi kuvvetli bağlarla bağlandığından boyamanın sonradan düzgünleştirilmesi zordur. Bu nedenle boyar maddenin başından itibaren düzgün alınması gerekir. Düzgün alınma, boyar maddenin poliamid liflere afinitesinin en az olduğu kuvvetli asidik ortamda yapılmalıdır. Kuvvetli asidik ortamda amino grupları pozitif

yüklü amonyum gruplarına dönüştüğünden bağlanma yalnızca elektrostatik çekim kuvvetleri ile sağlanır. Koordinatif bağlar kuvvetli asidik ortamda oluşmadığından sonradan düzgünleştirmek mümkündür. 1:1 metal kompleks boyar maddeleri, kuvvetli asidik ortamda egalize asit boyar maddesi gibi davranmaktadır. Ortamın pH'ı formik asitle 3–4 aralığında ayarlanır. Kuvvetli asidik ortam poliamidi bozacağından sülfürik asit kullanılmaz(Anonim 2011).

2.6.7 1:2 Metal Kompleks Boyarmaddeler

Bir metal iyonu ve iki boyar madde molekülü ile kompleks meydana getiren boyar maddelere 1:2 metal kompleks boyar maddeleri denir. Bu boyar maddelerin haslıkları 1:1 metal kompleks boyar maddeleri ve asit boyar maddelerine göre oldukça iyidir. Koyu ton boyamalarda bile yüksek ışık ve yıkama haslıklarına sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı ortamın üzeri ve koyu renklerde mükemmel haslıklar için kullanılır. Ancak renkleri asit boyar maddeler kadar parlak değildir.

1:2 metal kompleks boyar maddelerin poliamid liflerine karşı afinitesi oldukça yüksektir. Boyar madde molekülü çok büyük olduğundan boyama düzgünsüzlüğü fazladır. Bunun için boyama pH'ının iyi ayarlanması gerekir. Açık ton boyamalarda pH değeri artırılmalı koyu ton boyamalarda ise pH değeri azaltılmalıdır. pH değeri azaldıkça alınma hızı fazlaştığından, özellikle açık ton boyamalarda banyodaki boyar madde konsantrasyonu düşük olduğundan az miktardaki boyar maddenin hızlı çekimden dolayı düzgün aldırılması zor olacaktır.

1:2 metal kompleks boyar maddelerle boyamaya pH 6,5–7 arasında başlanır. Rengin koyuluğuna göre pH değeri azaltılarak banyoda kalan boyar madde çekimi sağlanmış olur(Anonim 2011).

2.7 Poliamidin Yaş Haslıklarını Geliştirmek Amacıyla Kullanılan Yardımcı Kimyasallar

2.7.1 Fiksatorler

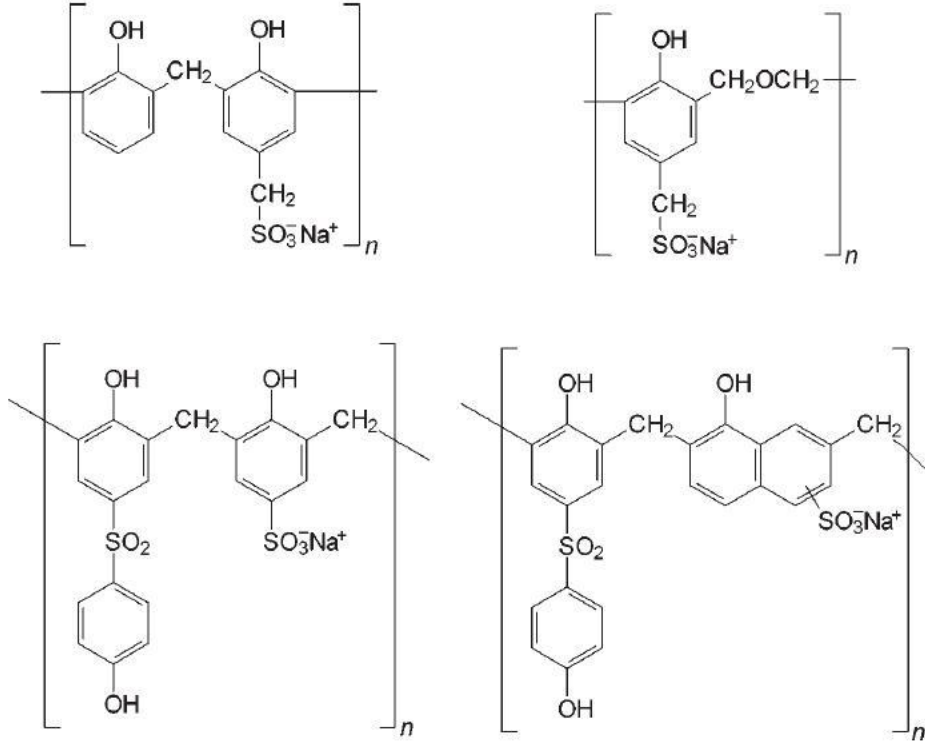
Günümüzde kalite anlayışı ve tüketici beklentileri doğrultusunda haslık taleplerinde artış meydana gelmiştir. Bu yükselen talepler üreticiyi daha titiz üretim yapmaya sevk etmektedir. Boyama işleminden sonra kumaşlara kullanılacağı yere ve istenen özelliklere bağlı olarak uygulanan kimyasal işlemler, mamulün bazı özelliklerini geliştirirken, aynı zamanda başka özelliklerin olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilmektedir. Bu etkiler seçilen fiksatorlerin cins ve miktarına ve uygulanan diğer bitim işlemleri gibi faktörlere bağlı olarak olumlu ya da olumsuz şekilde değişmektedir. Bu nedenle boyama sonrası kullanılan tekstil kimyasallarının ve bitim işlemlerinin haslık değerleri üzerindeki etkisi önem kazanmaktadır(Yurdakul ve ark. 2003).

Boyama işleminde fiksatorlerin kullanılmasının amacı yaş haslıkları iyileştirmektir. Fikse maddeleri boyarmadde moleküllerinin suda çözünürlük sağlayan gruplarını bloke edebilir, diğer taraftan boyarmadde molekülleri ile bağ yapabilir ve kendini life bağlayabilir ya da tüm bunlar aynı anda gerçekleşir (Bozacı 2007).

Poliamid liflerinin asit bovalarıyla boyanmasında yaş haslıklar genellikle yetersizdir. Çoğunlukla sintanlar (sentetik tanenleme maddeleri) ile ard-işlem gerekmektedir. Sintanlar, çektirme işleminin bitiminde boyama banyosuna, ya da yeni hazırlanan bir flotteye formik asit veya asetik asit ilavesi ile pH 4,5 e ayarlamak suretiyle eklenmektedir. Materyal 70–80 °C’da işlem görmekte ve daha sonra durulanmaktadır (Anonim 2002).

Firma Adı	Ticari İsmi	Fiziksel Özellikleri	Kimyasal Yapısı	İyonik karakteri
Setaş Kimya	Setafix S	Sarımsı toz pH değeri 7,5-8,5 ılık veya sıcak suda kolaylıkla çözülebilir	Kondenzasyon ürünü	Anyonik
Hunstman	Erional FRN	Berrak sarımsı sıvı pH değeri (%5 çözelti) Özgül ağırlığı: 1,14 g/cm ³	Aril sülfonat ve formaldehit kondenzasyon ürünü	Anyonik
Genkim	Polyfix PA	Sıvı, berrak kırmızı kahve pH değeri 7,9 Özgül ağırlığı: 1,1-1,2 g/cm ³ Suda çözünür		Anyonik
Rudolf Duraner	Hydrocol APR	Berrak, koyu sarı kırmızımsı kahverengi sıvı pH değeri 7,5-9,5 Özgül ağırlığı: 20°C'de yaklaşık 1,17 g/cm ³ Soğuk su ile kolayca çözünür	Alkil aril sülfonat	Anyonik

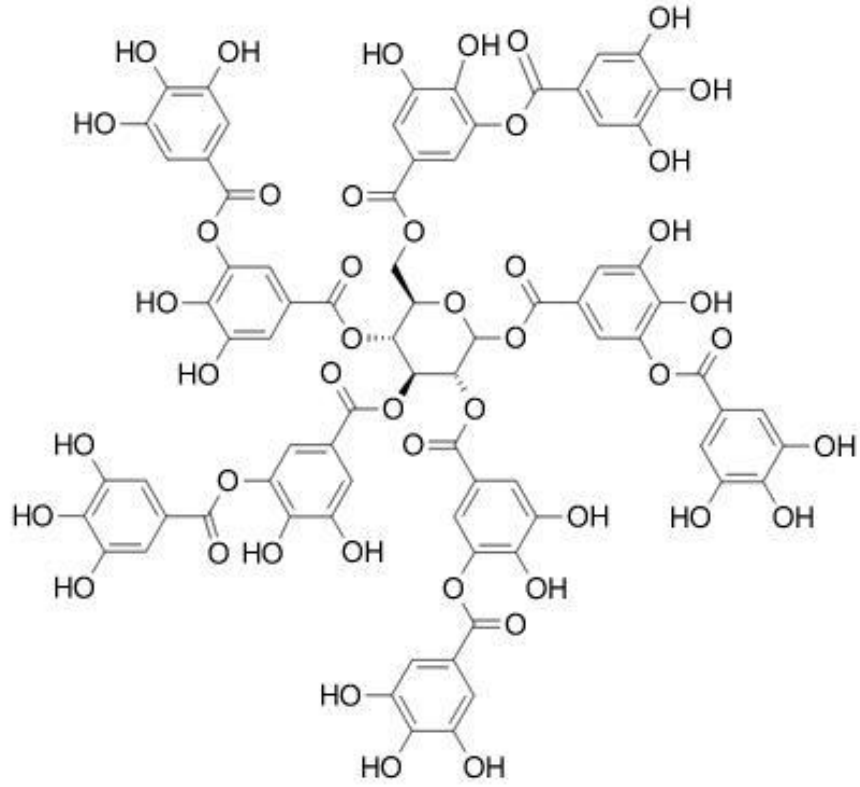
Tablo 2.4 Çalışma kapsamında kullanılan fiksantörler



Şekil 2.13 Reaksiyon ürünleri, formaldehit ve aromatik sülfonik asitler, (sintanlarla) naylonun yaş haslığını geliştirilmesi (Schindler ve Hauser 2004)

2.7.2 Tanninler

Tekstil endüstrisinde naylon boyama sırasında elyafa fiksasyon hızını ve yaş haslığı artırmak amacıyla, polifenol yapılı sentetik tanenler ve tannik asitler kullanılmaktadır. Tannik asit molekülleri(Şekil 1.11), tannik asidin negatif yüklü hidroksil grubu ile boya molekülünün anyonik kısmı arasındaki elektrostatik itme kuvveti yardımı ile boya moleküllerinin elyaf üzerine fiksasyon hızını artırmaktadır. Tannik asit kullanılmadığı zaman, boya molekülleri elyaf yüzeyinde kalırken, tannik asit kullanımı ile boya moleküllerinin elyafa fiksasyon hızı artmakta ve elyafa fikse olmamış boyarmadde miktarı azalmaktadır. Böylece verimli bir boyama prosesi ve daha az fikse olmamış boyarmadde içeren boyama atık suyu elde edilmektedir (Şahin 2006)



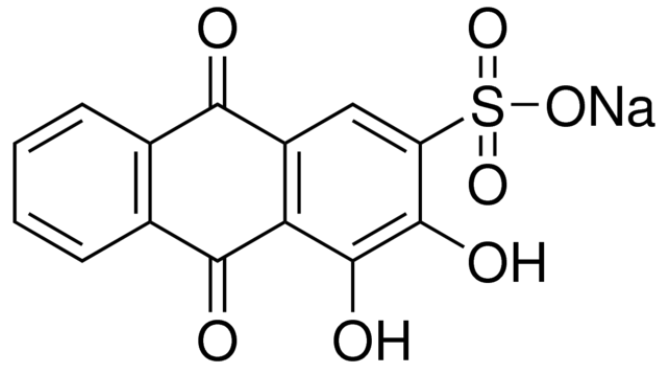
Şekil 2.14 Tannik asidin makromolekül yapısı
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tannic_acid.svg

3 MATERYAL VE METOD

3.1 Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

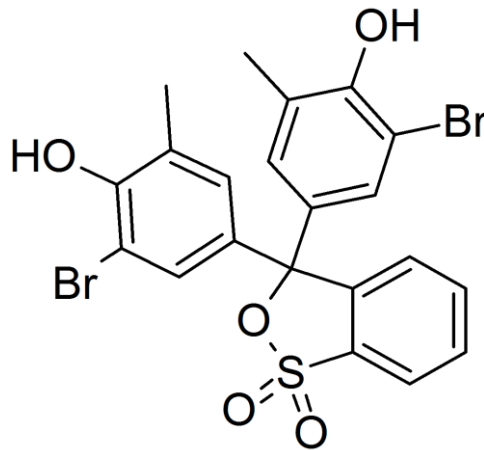
3.1.1 Boyarmadde

Alizarin kırmızı S(Merck) antrokinon sulfosodyum($C_{14}H_7NaO_7S$) (Şekil 3.1) bir halokromik boyadır. Molekül ağırlığı 342,26 g/mol'dur.3.7–5.2 arasında sarıdan kırmızıya doğru renk değişimi gözlenir. Boyarmadde çözeltisi oda sıcaklığında saf su ile hazırlanmıştır



Şekil 3.1 Alizarin Kırmızı S 'nin makro molekül yapısı (Merck)

Bromkresol Moru (Merck),anyonik sulfoftalein ($C_{21}H_{16}Br_2O_5S$) (Şekil 3.2) bir halokromik boyadır. Molekül ağırlığı 540,22 g/mol'dur. pH 5.2-6.8 arasında sarıdan mora doğru renk değişimi gözlenir. Boyarmadde çözeltisi oda sıcaklığında %99 etanol ile hazırlanmıştır.



Şekil 3.2 Bromkresol Moru'nun makro molekül yapısı (Merck)

Halokromik boya	pH aralığı	Asidik rengi	Bazik rengi
Alizarin Red S	3.7-5.2	Sarı	Kırmızı
Bromocresol Purple	5.2-6.8	Sarı	Mor

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan halokromik boyalar

3.1.2 Tekstil Materyali

68,2 g /m² ağırlığında dokunmuş bezayağı poliamid 6,6 kumaş kullanılmıştır.

	Çözü	Atkı
Sıklık	45 tel/cm	28 tel/cm
İncelik	70 denye	70 denye

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan tekstil materyalinin dokuma özellikleri

3.1.3 Su

Boyama ve ard işlem proseslerinde saf su kullanılmıştır.

3.1.4 Kimyasallar

Çalışmada kullanılan kimyasalların listesi aşağıda verilmektedir.

- ✓ Asetikasit 99 % (Merck)
- ✓ Etanol 99% (Merck)
- ✓ Sodyumhidroksit (Merck)
- ✓ Hidroklorikasit (Merck)
- ✓ Setafix S (Kondenzasyon ürünü) Setaş Kimya
- ✓ Erional FRN (Aril sülfonat ve formaldehit kondenzasyon ürünü) Huntsman
- ✓ Polyfix PA Genkim
- ✓ Hydrocol APR (Alkilaril sülfonat) Rudolf Duraner

3.1.5 Cihaz ve Makineler

Denemelerin yapılmasında kullanılan cihaz ve makinelerin listesi aşağıda verilmektedir.

- Hassas terazi Satorius BP 3105
- pH-metre eutech Instruments Ecosan Hand-held Seies
- Spektrofotometre X-rite Macbeth
- Termal marka laboratuar tipi HT boyama makinası
- Etüv Prowhite
- Krokmetre,James Heal(Otomatik)
- UV-1800 UV-Vis spektrofotometre

3.2 Değerlendirmede Kullanılan Test Yöntemleri

3.2.1 Renk verimi ve CIELAB değerlerinin tespiti

Çalışmada renk ölçümü için spektrofotometrik renk ölçümü tercih edilmiştir. Bu yöntemde spektrofotometreler ile fiziksel olarak renk ölçümü yapılmaktadır. Renk ölçümünün temel yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Tüm numune kumaşların renk ölçümleri spektrofotometrede 10°'lik gözlemci açısı ile spekular komponent dahil (SCI) edilerek, %100 UV ışık dahil edilerek, D65 gün ışığı altında yapılmış ve L*, a*, b*, C*, h, K/S ve farklı dalga boylarında (400nm–700 nm) %R gibi spektral değerleri kaydedilmiştir. Her deneme için elde edilen numuneden 4 ölçüm tekrarlanmıştır. Daha sonra bu değerlerin ortalaması hesaplanmıştır. Kaydedilen bu değerler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır(Öner 2006).

$$K/S=f(R)= \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (\text{Kubelka-Munk ifadesi})$$

$$L^*=116(Y/Y_n)^{1/3}-16 \quad (\text{Açıklık-koyuluk}) \quad Y/Y_n > 0.008856$$

$$a^*=500 [(X/X_n)^{1/3}-(Y/Y_n)^{1/3}] \quad (\text{Kırmızı-Yeşillik}) \quad X/X_n > 0.008856$$

$$b^*=200[(Y/Y_n)^{1/3}-(Z/Z_n)^{1/3}] \quad (\text{Sarı-Mavilik}) \quad Z/Z_n > 0.008856$$

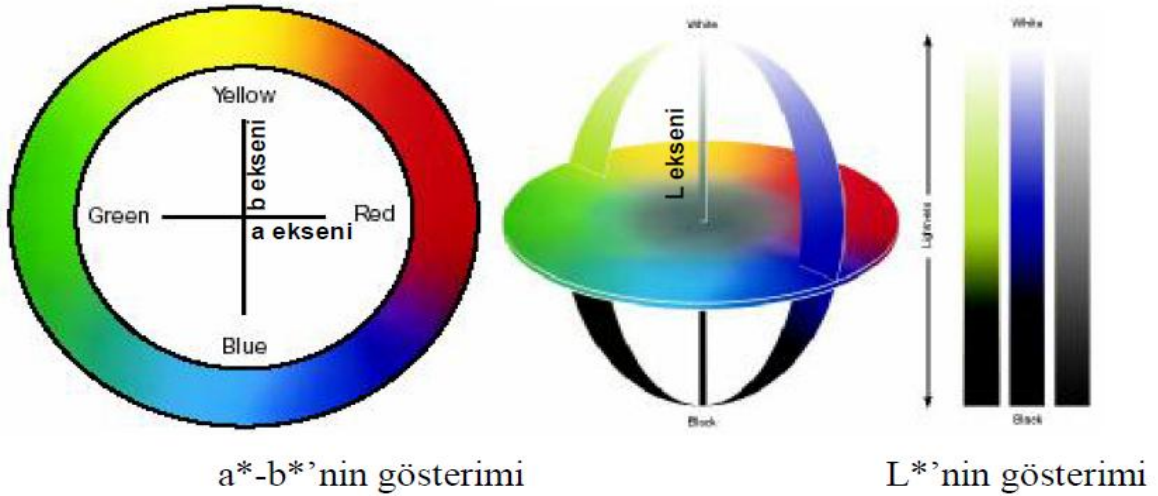
$$C^*=(a^2+b^2)^{1/2} \quad (\text{Parlaklık})$$

$H = \arctan(b/a)$ (Açı cinsinden renk değeri)

Bu formüller Y/Y_n değerinin 0,008856'da büyük olması durumunda geçerlidir.

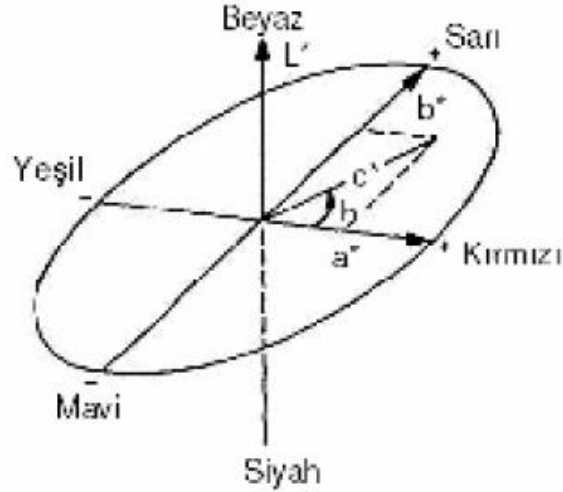
Şekil 3.3'de L^*, a^*, b^* 'nin ne anlama geldiği renk uzayı üzerinde görülebilmektedir. a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) eksenleri nötral nokta üzerinde kesişirler. Üçüncü eksen ise a^*-b^* eksenlerinin oluşturduğu eksene dik gelen L^* eksenidir olup, rengin açıklık-koyuluğu göstermektedir. Aynı rengin farklı tonları, a^* ve b^* eksenleri tarafından oluşturulan düzlem içerisinde nötral noktadan dışarıya doğru uzanan bir hat üzerinde yer almaktadır. Burada, kırmızıdan sarıya doğru artış gösteren dönme açısı "h" (derece cinsinden), rengin bir ölçüsüdür. Örneğin, $h=0^\circ$ kırmızı bir renk tonuna, $h=90^\circ$ sarı bir renk tonuna, $h=270^\circ$ mavi bir renk tonuna tekabül etmektedir.

Rengin bulunduğu noktanın, renksiz noktaya olan uzaklığı, rengin C ile ifade edilen doygunluk değerini gösterir. Bu değer rengin belli bir açıklıktaki parlaklığı ve duruluğu için de bir ölçektir. Belirtilen tüm bu ifadelerin birbirlerine formüsel olarak çevrimi mümkündür (www.xrite.com 2005)



Şekil 3.3 Renk çemberleri

Şekil 3.3'de tüm bu parametrelerin uzayda 3 boyutlu olarak gösterimi verilmiştir .



Şekil 3.4 Üç boyutlu renk düzlemi renk düzlemi (Zollinger 2003)

Renk ölçümleri için X-Rite Macbeth marka spektrofotometre kullanılmıştır. Cihaz bilgisayara bağlı olup, sadece %R değerlerini ölçüp aktarmaktadır.

Renk değerleri, renk kalitesinin kantitatif değerlendirilmesi için tek yöntemdir. Bu nedenle renk değerleri için bazı tolerans değerleri vardır. Bu değerler için herhangi bir uluslararası standart yoktur. Bu değerler üreticinin kalite politikası, müşteri ile üretici arasındaki anlaşmalar belirler. Çalışmada değerlendirme yapmak için standartlar tarafımızdan belirlenmiştir. Bu limit değerler belirlenirken fiksator ve tannik asit ile ard işlemlerinin laboratuvar şartlarında yapıldığı ve limitlerin daha titiz belirlenmesi gerektiği göz önünde bulundurulmuştur. Değerlendirmede renk farkı için limit değerleri: ΔL^* (Açıklık-koyuluk farkı): 0.5 Δa^* (Kırmızılık-Yeşillik farkı): 0.3 Δb^* (Sarılık-Mavilik farkı): 0.3 ΔC^* (Doygunluk farkı): 0.3 Δh^0 (Açısal renk farkı): 0.3 olarak kabul edilmiştir.

3.2.2 Suya karşı renk haslığı tayini

Boyanmış numunelerin suya karşı renk haslığı tayini ISO 105-E01 standardına göre yapılmıştır. Su haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilmiş olan numune 30 dakika saf suda bekletilmiş ve ardından 37° C 4 saat işleme tabi tutulmuştur. Gri skala (solma) ile 5 (en iyi) 1 (en kötü) şeklinde değerlendirilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır.

3.2.3 Yıkamaya karşı renk haslığı tayini

Boyanmış numunelerin yıkamaya haslığı tayini ISO 105-C06/A1S standardına göre yapılmıştır. Yıkama haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilmiş olan numune, 40 ° C ‘da 30 dakika süreyle 4 g/l ‘lik deterjan çözeltisiyle işleme tabi tutulmuş ve sonuçlar gri skala ile değerlendirilmiştir

3.2.4 Sürtmeye karşı renk haslığı tayini

Boyanmış numunelerin sürtmeye haslığı tayini ISO 105-X12 standardına göre yapılmıştır. Sürtmeye bezi 5 x 5 cm boyutlarında, bez ayağı, beyaz, pamuklu kumaştır ve ıslak ve kuru olarak test kumaşına sürülmüştür ve sonuçlar gri skala ile değerlendirilmiştir.

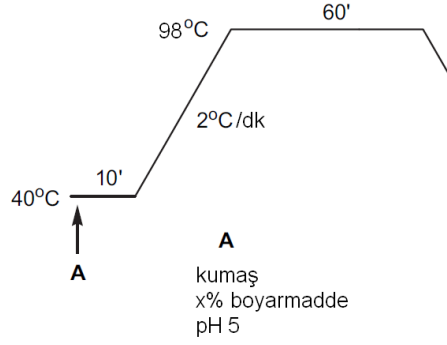
3.2.5 Absorbans değerinin ölçümü

Flotte numunelerinin absorbans değerleri her boyarmadde için maksimum absorpsiyon dalga boyunda UV-1800 UV-Vis spektrofotometrede ölçülmüştür

3.3 Metod

3.3.1 Boyama işlemi

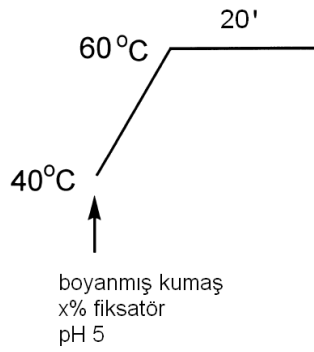
Halokromik özelliğin tekstil materyallerine kazandırılmasında konvansiyonel boyama ucuz ve basit bir metottur. Boyama çekirme metoduyla laboratuvar tipi numune boyama makinesinde 1:20 flotte oranında Şekil 3.3’de gösterildiği gibi boyanmıştır. Boyanmış kumaşlar 10 dakika akan suyun altında durulanmıştır. Kumaşlara farklı konsantrasyonlarda (%0.7,%1,%1.5) boyama işlemi uygulanmıştır. Her deney noktasında 2 tekrar yapılmıştır. Çalışmada ilk önce paliamid kumaş %0.7,%1,%1.5 konsantrasyonda boyanmış ve referans deney grubu hazırlanmıştır. Daha sonra kontrol grubuyla fiksator ve tannik asit ile muamale edilmiştir.



Şekil 3.5 Halokromik boyalar ile poliamidin boyanması

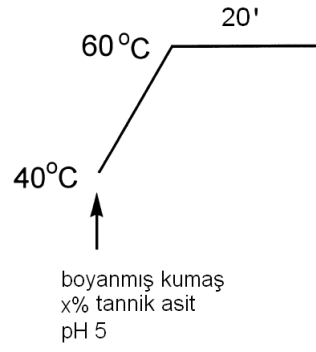
3.3.2 Ard işlem

Boyama işleminden sonra temiz banyo alınarak 1:20 flote oranında 60°C' de 20 dakika Şekil 3.6'de gösterildiği gibi aşağıda verilen iki ayrı proses uygulanmıştır. Prosesler sonrasında numune alınacak akan suyun altında durulanmış ve açık havada kurutulmuştur. Anyonik fiksator olarak piyasada bulunan dört ticari firmadan kimyasal karakterizasyonu ayrı fiksatorler farklı oranlarda(%1,%2,%3) muamele edilmiştir.



Şekil 3.6 Boyanmış kumaşlara fiksator ile ard işlem

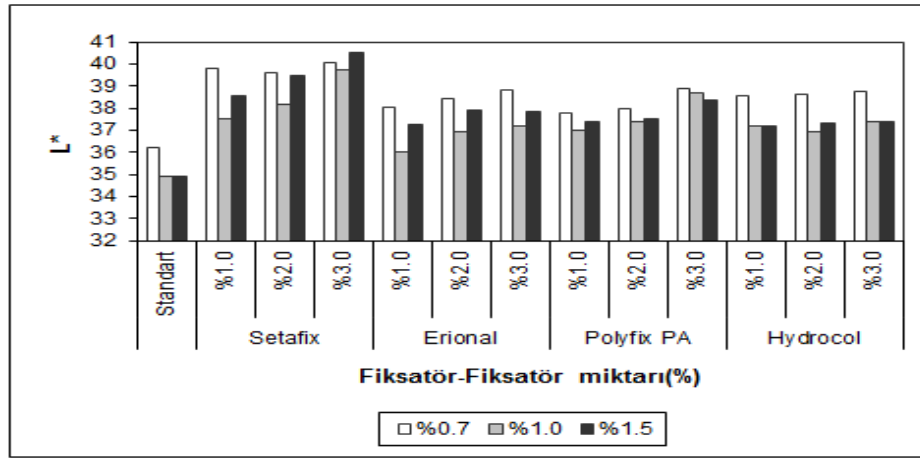
Tannik asit farklı oranlarda (%1,%2,%3) Şekil 3.7’de gösterildiği gibi muamele edilmiştir.



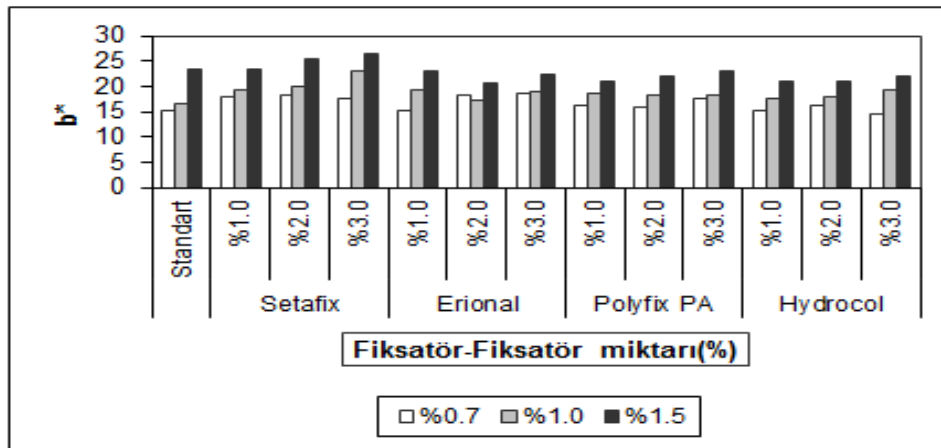
Şekil 3.7 Tannik asit ard işlem metodu

4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

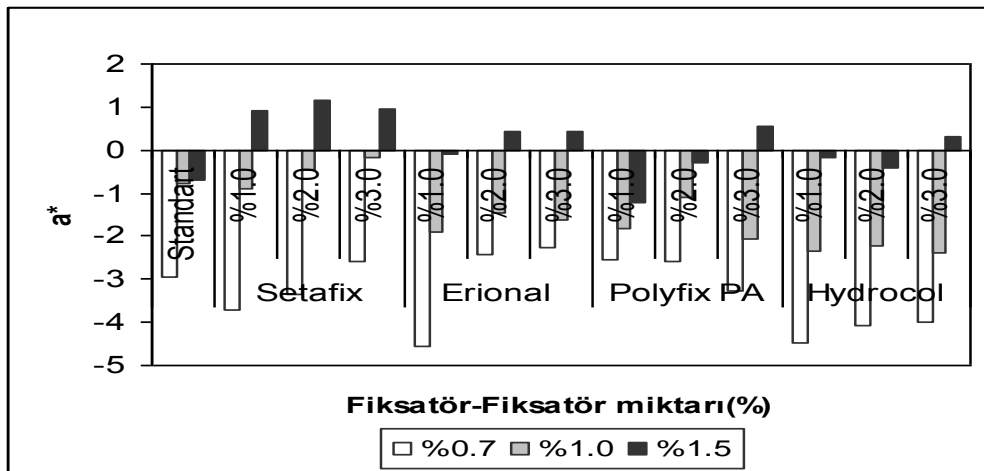
4.1 Fiksator ile Yapılan Ard İşlemlerin Sonuçları



Şekil 4.1 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası L* değerleri

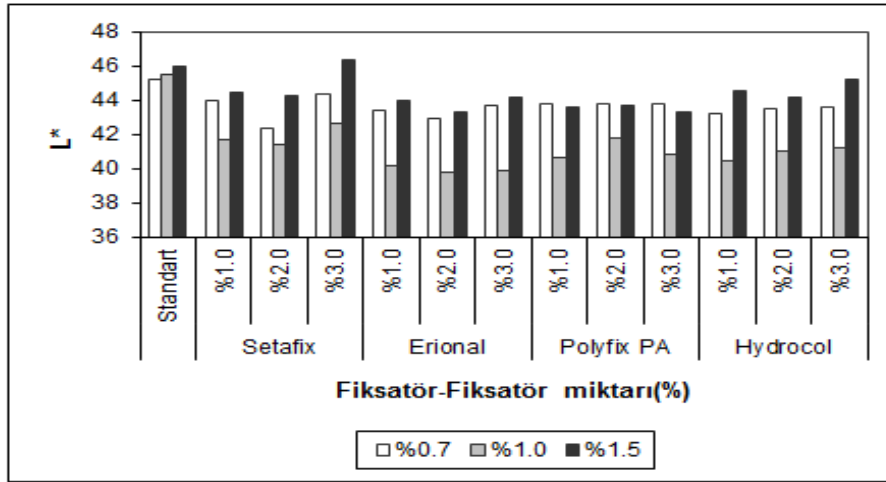


Şekil 4.2 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası b* değerleri

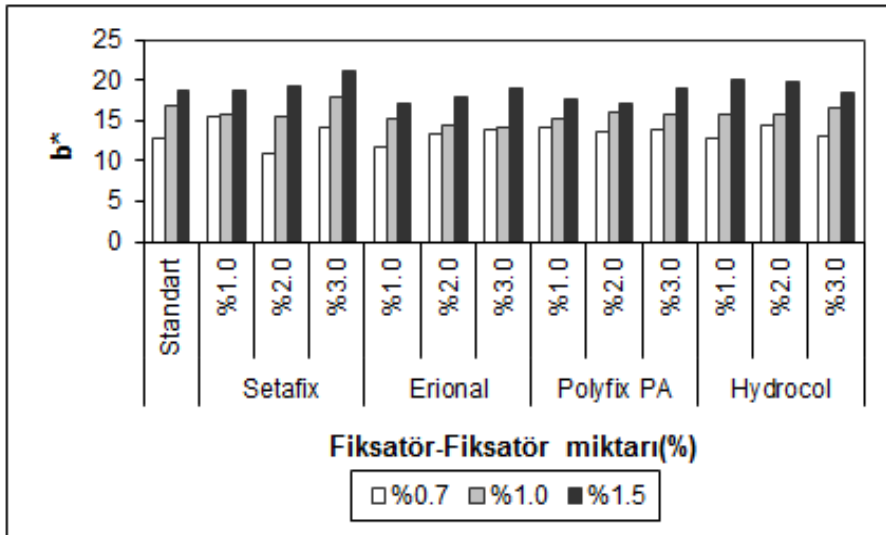


Şekil 4.3 Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası a* değerleri

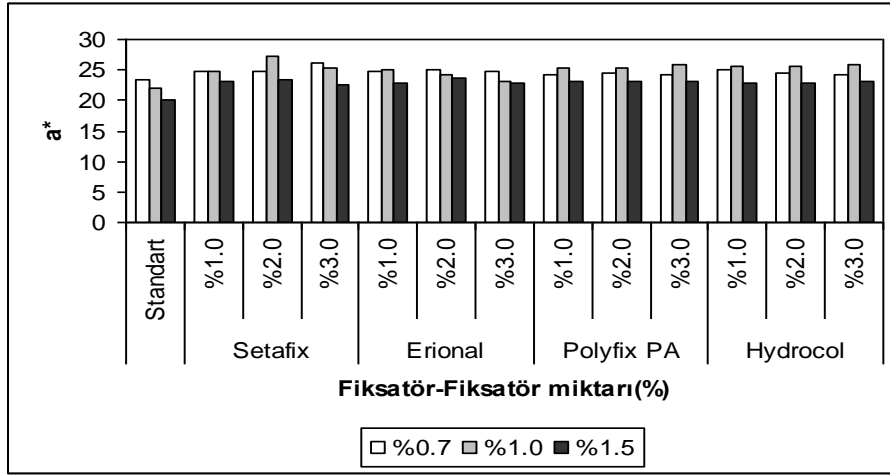
Şekil 4.1-4.3’de görüldüğü gibi fiksator ile ard işlem uygulamaları sonucu tüm reçete ve boyama konsantrasyonları için renk açılmış, yeşermiş ve az da olsa koyuluğu artmıştır. Renkteki açılma ve toplam değişim, belirlenen limitlerin üstündedir. Boyama konsantrasyonu arttıkça, renk koyulaşmakta iken; fiksator miktarı arttıkça renk daha açılmaktadır. En büyük renk değişimleri Setafix S fiksatorünün 3%’ lük konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Renk genel olarak sarıya kaymıştır.



Şekil 4.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası L* değerleri



Şekil 4.5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası b* değerleri

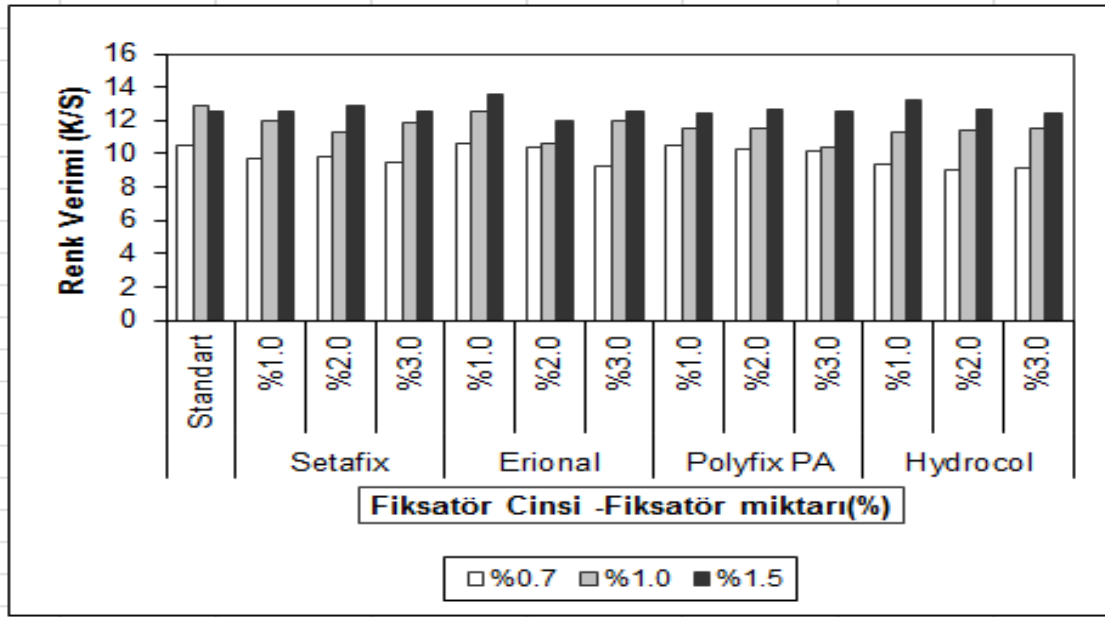


Şekil 4.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksator ard işlem sonrası a* değerleri

Şekil 4.4-4.6'da görüldüğü gibi Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorlerle ard işlem uygulamaları sonucu tüm reçete ve boyama konsantrasyonları için renk koyulaşmış, kızılılaşmış ve az da olsa parlaklığı artmıştır. Renkteki koyulaşma ve toplam değişim, belirlenen limitlerin üstündedir. Boyama konsantrasyonu arttıkça, koyulaşmakta iken; anyonik fiksator kullanımı rengi koyulaştırmakta, fiksator konsantrasyonu arttıkça renk açılmaktadır. En büyük renk değişimleri yine Setafix S fiksatorünün 3%' lük konsantrasyonun da tespit edilmiştir. Renk genel olarak sarıya kaymıştır. Bu sonuçlar EK-1'de çizelge olarak gösterilmiştir.

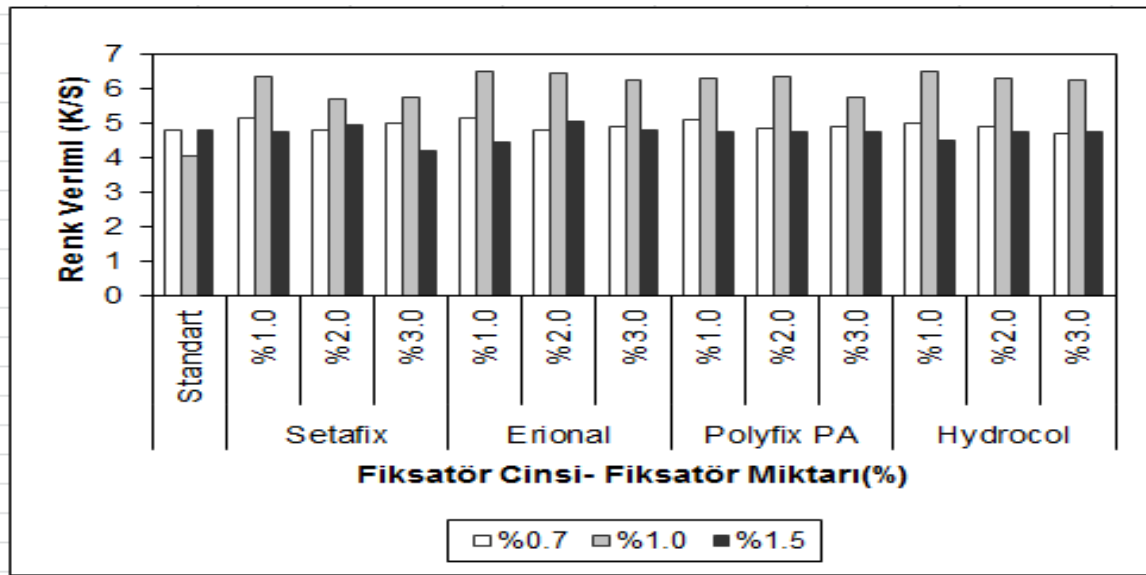
4.2 Fiksator ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Renk Verimi Sonuçları

Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorler ile ard işlem sonrası poliamid 6,6 kumaşlarının renk verimi sonuçları aşağıdaki Şekil 4.7-8'de verilmektedir.



Şekil 4.7 Bromkresol Moru ile boyanmış naylon kumaşta fiksator cinsi, fiksator miktarı ve boyama konsantrasyonunun renk verimi üzerine etkisi

Şekil 4.7 'de görüldüğü gibi, Bromkresol Moru ile boyanmış ve anyonik fiksatorlerle ard işlem uygulamaları sonucu, fiksator miktarının (%) renk verimi üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Fiksator miktarı arttıkça renk verimin azaldığı söylenebilmektedir. Boyama şiddeti (renk şiddeti) arttıkça, fiksator uygulamasının rengi daha fazla etkilediği ölçülmüştür.



Şekil 4.8 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylon kumaşta fiksator cinsi, fiksator miktarı ve boyama konsantrasyonunun renk verimi üzerine etkisi

Şekil 4.8 'de görüldüğü gibi, Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorlerle ard işlem uygulamaları sonucu, fiksator miktarının(%) renk verimi üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Fiksator miktarı(%) arttıkça, renk veriminin azaldığı söylenebilmektedir. Boyama şiddeti (renk şiddeti) arttıkça, fiksator uygulamasının rengi daha fazla etkilediği ölçülmüştür. Fiksator miktarı(%) arttıkça, bütün numuneler için renk açılmaktadır. Uygulanan bütün anyonik fiksatorler için en büyük renk verimi; % 1,0'lik boyama konsantrasyonunda tespit edilmiştir.

4.3 Fiksator ile Ard İşlem Görmüş Kumaşların Haslık Sonuçları

4.3.1 Ard İşlem Sonrası Kumaşların Sürtme ve Su Haslık Sonuçları

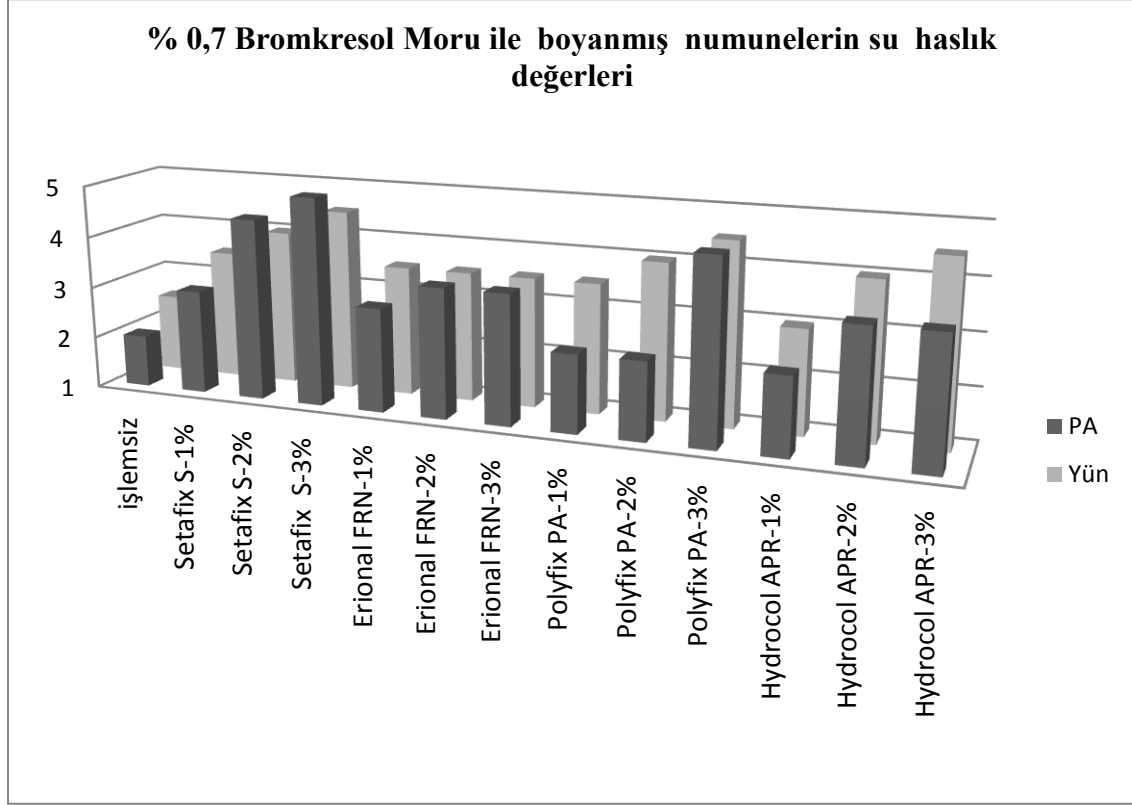
Çizelge 4.1 Bromokresol Moru ile boyanmış ve fiksatorlerle ile ard işlem görmüş kumaşların sürtme haslıkları

Boyarmadde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Sürtme haslığı değerleri		
			Kuru	Yaş	
% 0.7	Referans	---	5	4/5	
	Setafix S	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	Erional FRN	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	Polyfix PA	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	Hydrocol APR	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	% 1	Referans	---	5	4/5
		Setafix S	% 1	5	4/5
% 2			5	4/5	
% 3			5	4/5	
Erional FRN		% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
Polyfix PA		% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
Hydrocol APR		% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
% 1.5		Referans	---	5	4/5
		Setafix S	% 1	5	4/5
	% 2		5	4/5	
	% 3		5	4/5	
	Erional FRN	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	Polyfix PA	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	
	Hydrocol APR	% 1	5	4/5	
		% 2	5	4/5	
		% 3	5	4/5	

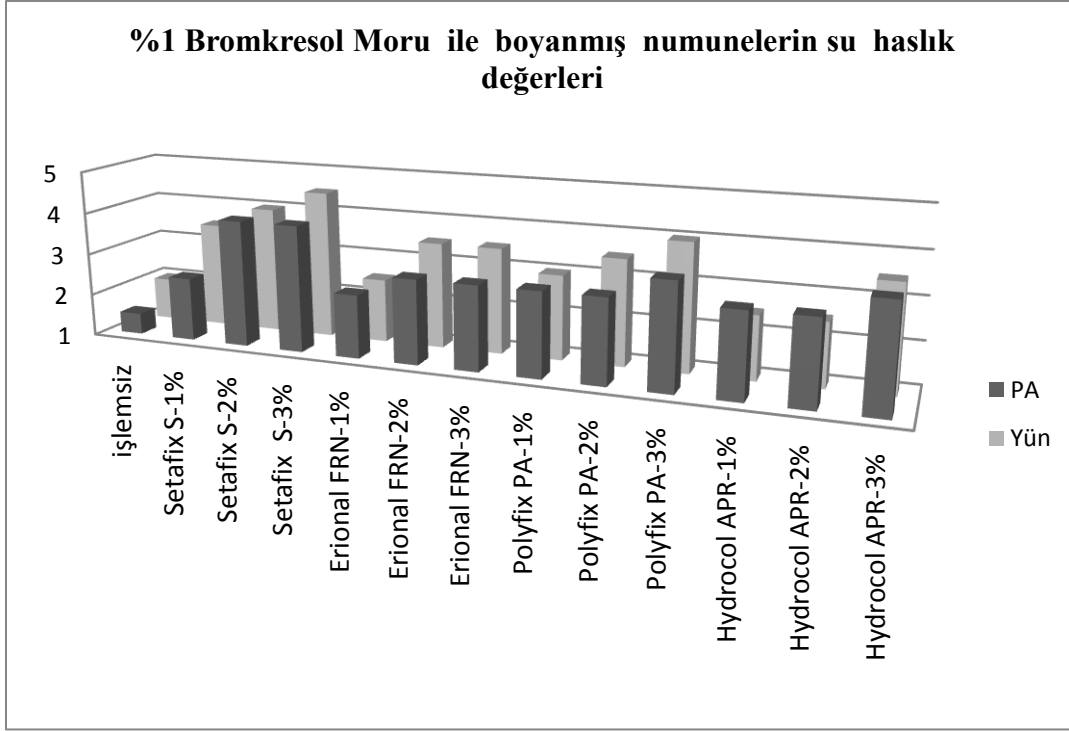
Çizelge 4.2 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve fiksatörlerle ard işlem görmüş kumaşların sürtme haslıkları

Boyarmadde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Sürtme haslığı değerleri	
			Kuru	Yaş
%0.7	Referans	---	5	4/5
	Setafix S	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Erional FRN	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Polyfix PA	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Hydrocol APR	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
% 3		5	4/5	
%1	Referans	---	5	4
	Setafix S	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Erional FRN	% 1	5	4
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Polyfix PA	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Hydrocol APR	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
% 3		5	4/5	
%1.5	Referans	---	5	4
	Setafix S	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Erional FRN	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Polyfix PA	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
		% 3	5	4/5
	Hydrocol APR	% 1	5	4/5
		% 2	5	4/5
% 3		5	4/5	

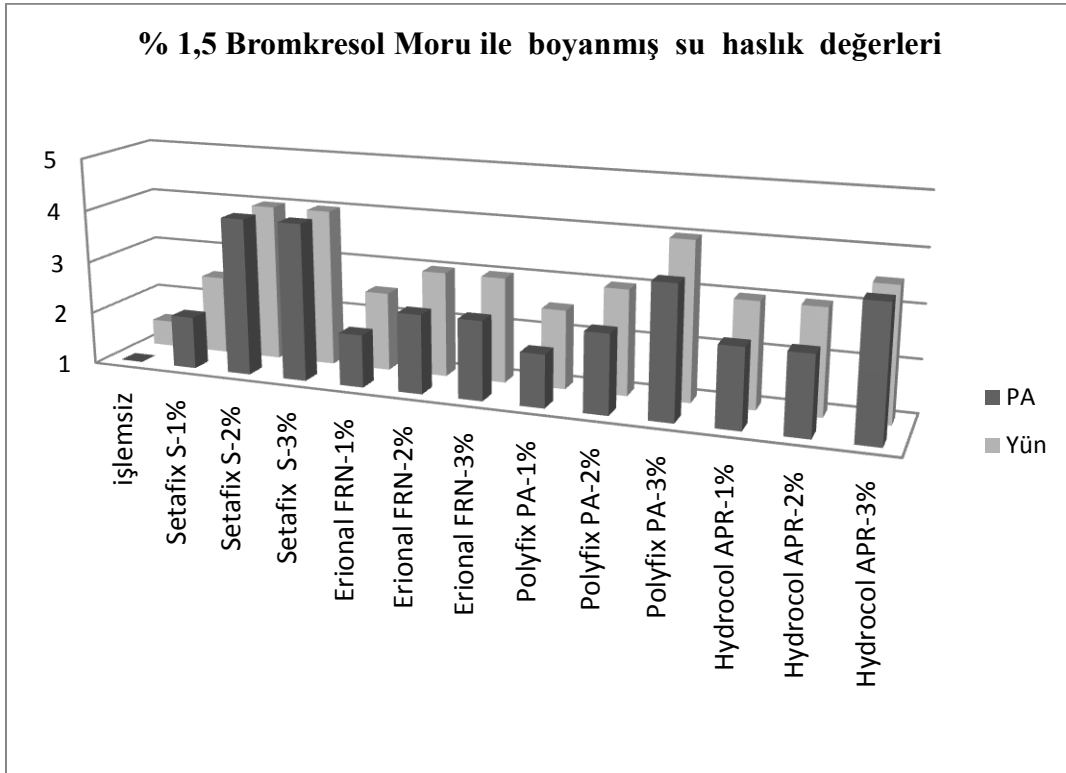
Çizelge 4.1 ve 4.2’de görüldüğü gibi; Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatörlerle ard işlem görmüş kumaşlarda fiksatörlerin sürtme haslıkları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.



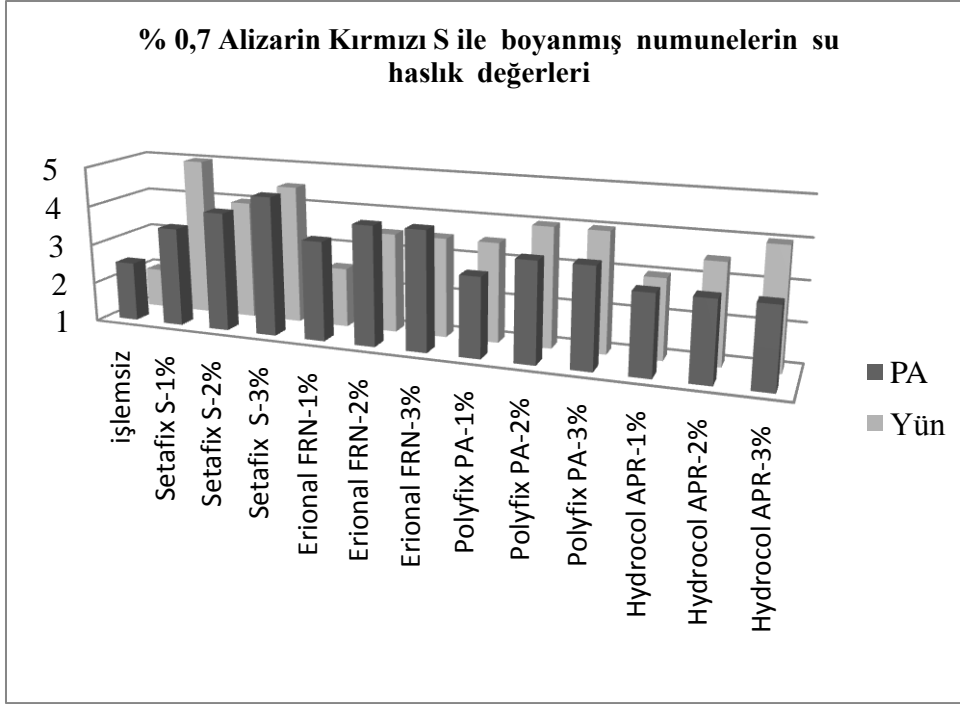
Şekil 4.9 % 0,7 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksatör cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi



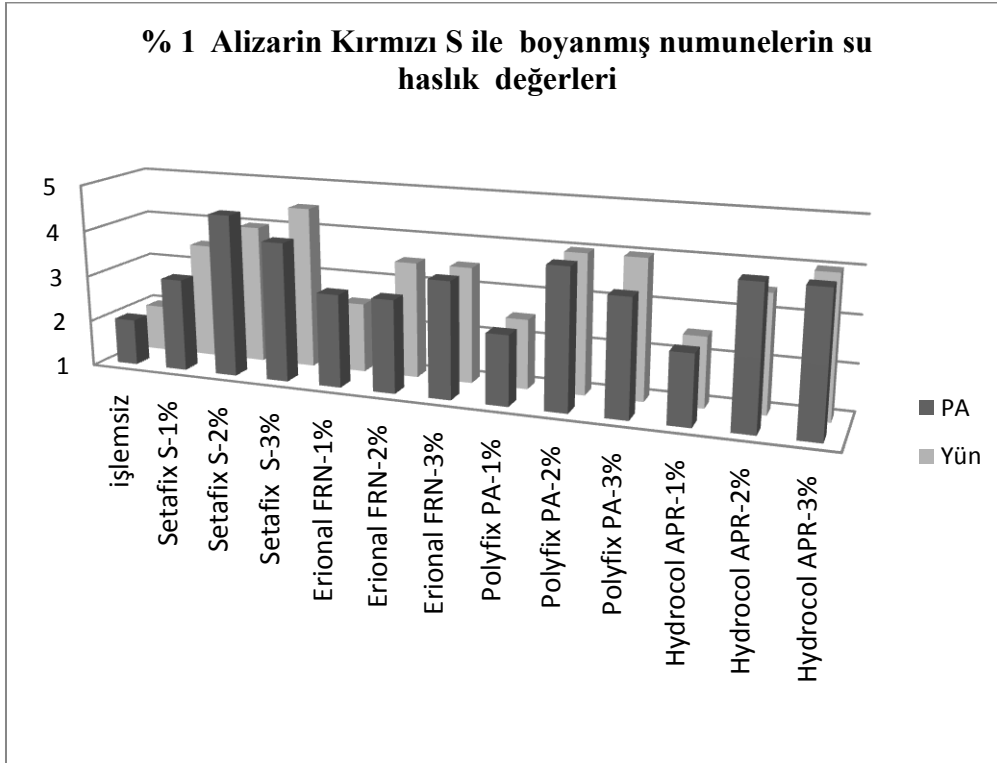
Şekil 4.10 %1 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi



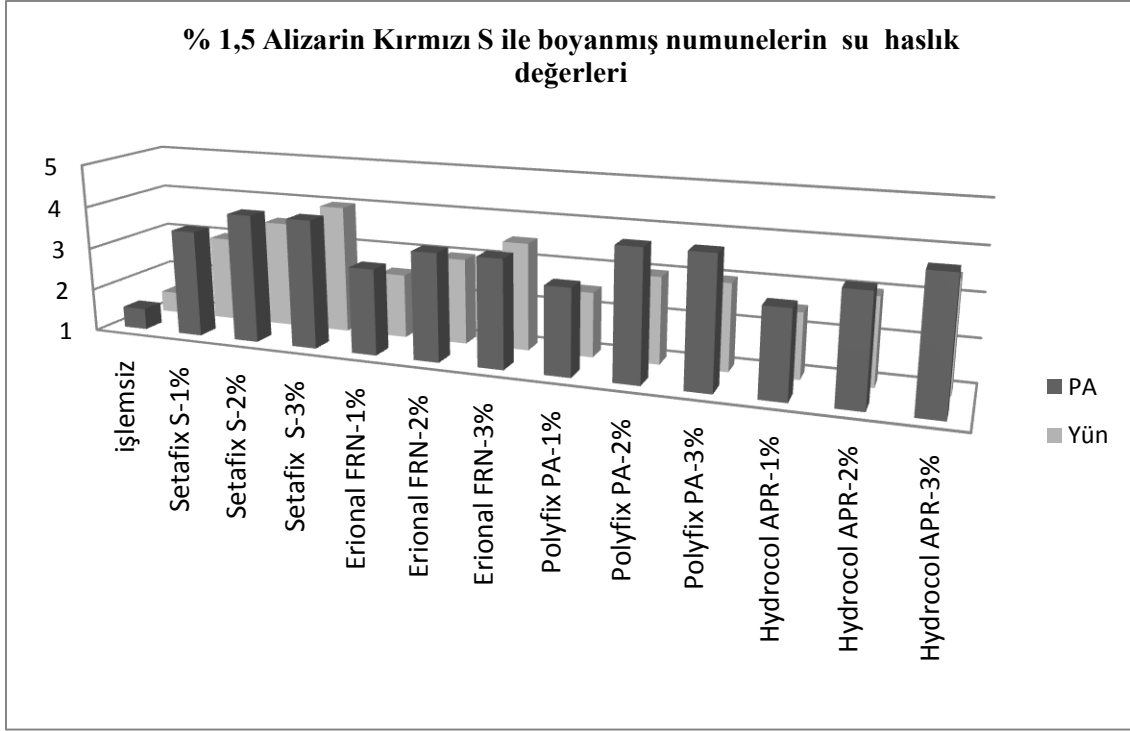
Şekil 4.11 % 1,5 Bromkresol moru ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi



Şekil 4.12 % 0,7 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksatör cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi



Şekil 4.13 % Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksatör cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi



Şekil 4.14 % 1,5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış poliamid 6,6 kumaş numunelerinde fiksator cinsi ve miktarının su haslık üzerine etkisi

Grafiklere baktığımızda işlem görmemiş numunelerde boyama konsantrasyonunun artmasıyla su haslıkları oldukça düşük çıkmıştır. Fiksator kullanımıyla her iki boyarmadde için de su haslıklarına yükselme eğiliminde olduğu görülmüştür. En iyi değerler Setafix S fiksatorünün 3%'lük konsantrasyonunda elde edilmiştir. Sürtme haslıkları her iki boyarmadde için de oldukça yüksektir.

4.3.2 Fiksator ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Yıkama Haslık Sonuçları

Çizelge 4.3 ile 4.4'de Bromokresol Moru ve Alizarin Kırmızı S boyarmaddeleri ile boyanarak, anyonik fiksatorle işlem görmüş kumaşların yıkama haslık değerleri verilmektedir. Yıkama haslıkları incelenirken her bir numuneden iki tekrar yapılmış, bu iki tekrar sonuçlarının ortalaması değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 4.3 Bromokresol Moru ile boyanmış anyonik fiksatorlerle işlem görmüş kumaşların yıkama haslıkları

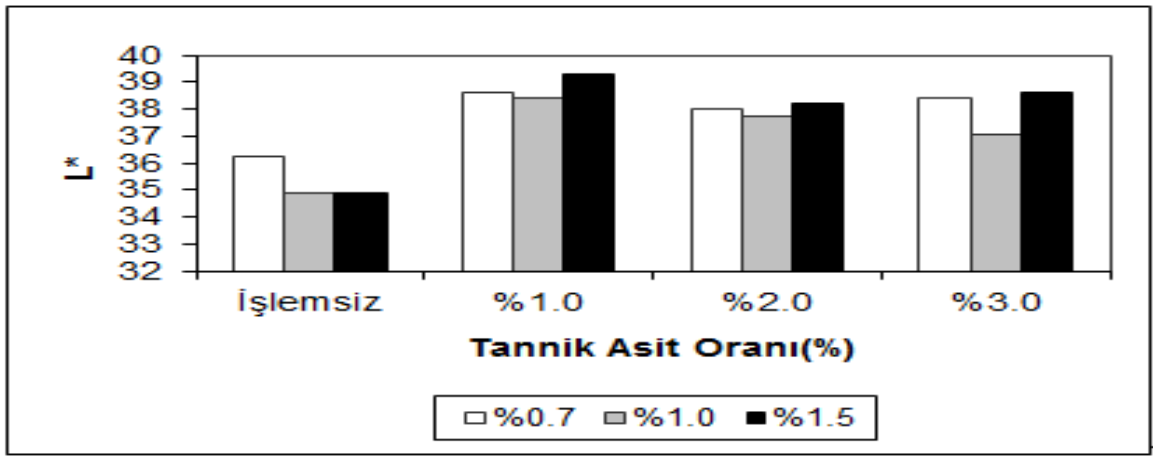
Boyarmadde miktarı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Multifibreli yıkama haslığı						Renk değişimi
			WO	PAC	PES	PA	CO	CV	
% 0,7	Referans	---	5	5	5	5	5	5	3
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Erional FRN	% 1	5	5	5	5	5	5	3
		% 2	5	5	5	4/5	5	5	3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	5	5	5	3
		% 2	5	5	5	4/5	5	5	3
		% 3	5	5	5	4/5	5	5	2/3
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	4/5	5	5	3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
% 3		5	5	5	5	5	5	2/3	
% 1	Referans	---	5	5	5	5	5	5	2/3
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Erional FRN	% 1	5	5	5	4/5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
% 3		5	5	5	5	5	5	2	
% 1,5	Referans	---	5	5	5	5	5	5	2
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	1/2
		% 2	5	5	5	5	5	5	1/2
		% 3	5	5	5	4/5	5	5	1/2
	Erional FRN	% 1	5	5	5	5	5	5	1/2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	5	5	5	1/2
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	4/5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	4/5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	1/2
% 3		5	5	5	5	5	5	1/2	

Çizelge 4.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorle işlem görmüş kumaşların yıkama haslıkları

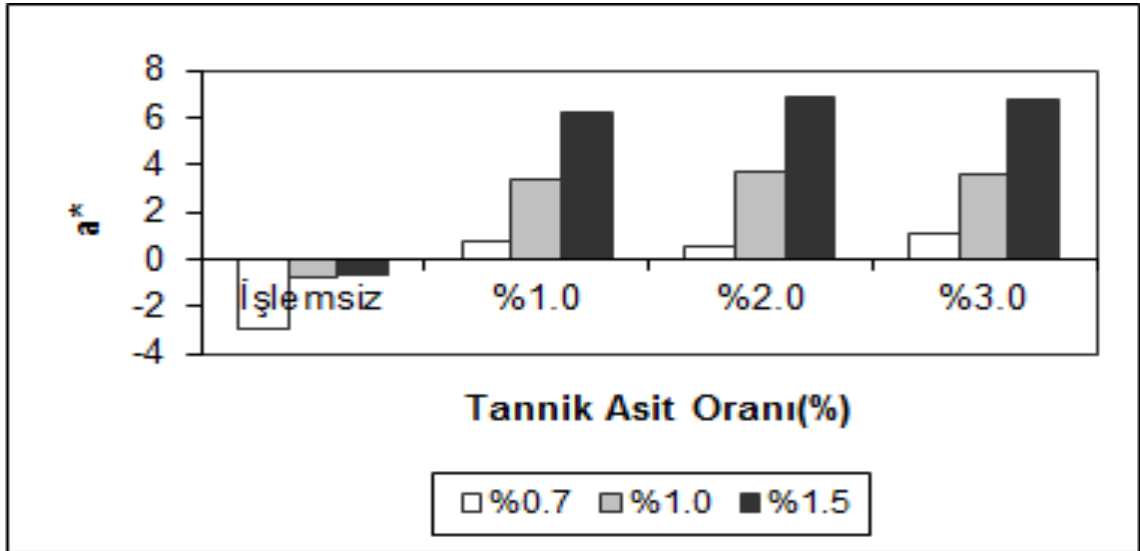
Boyarmadde miktarı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Multifibreli yıkama haslığı						Renk değişimi
			WO	PAC	PES	PA	CO	CV	
% 0,7	Referans	---	5	5	5	5	5	5	1/2
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	4/5	5	5	2/3
	Erional FRN	% 1	5	5	5	4/5	5	5	1/2
		% 2	5	5	5	4/5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	1/2
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
% 3		5	5	5	5	5	5	2/3	
% 1	Referans	---	5	5	5	5	5	5	1/2
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Erional FRN	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	5	5	5	3
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
% 3		5	5	5	5	5	5	2/3	
% 1,5	Referans	---	5	5	5	5	5	5	2
	Setafix S	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 2	5	5	5	4/5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Erional FRN	% 1	5	5	5	4/5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Polyfix PA	% 1	5	5	5	5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
		% 3	5	5	5	5	5	5	2
	Hydrocol APR	% 1	5	5	5	5	5	5	2
		% 2	5	5	5	5	5	5	2
% 3		5	5	5	5	5	5	2/3	

Çizelge 4.3-4 'da yer alan yıkama haslığı değerlerine bakıldığında her iki boyarmadde içinde fiksatorlerin yıkama haslıkları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bromkresol Moru ile boyanan ve anyonik fiksator kullanılan çalışmalarda ard işlem uygulamasının renk değişim değerlerini olumsuz etkilerken, Alizarin Kırmızı S'de bu etkinin olumlu yönde olduğu gözlenmiştir.

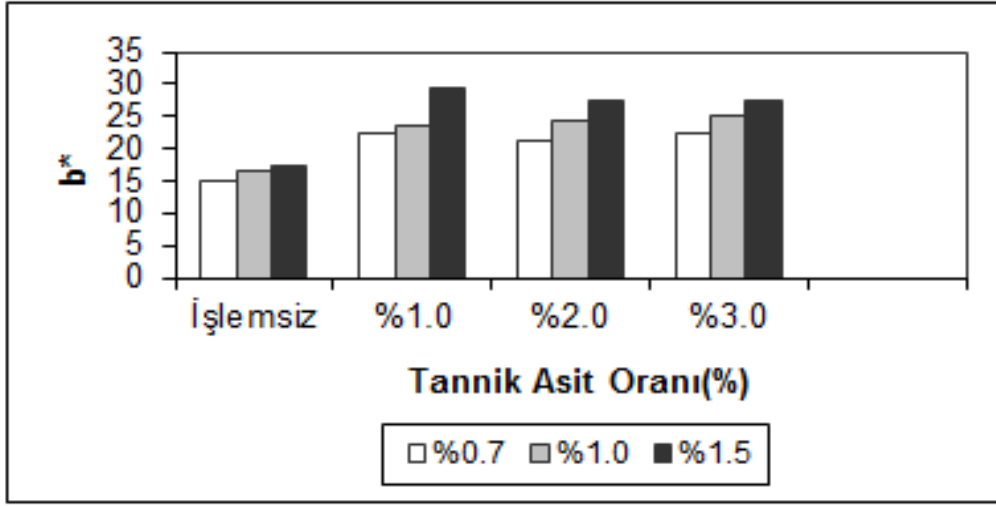
4.4 Tannikasit Kullanılarak Yapılan Ard İşlemin Sonuçları



Şekil 4.15 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası L* değerleri

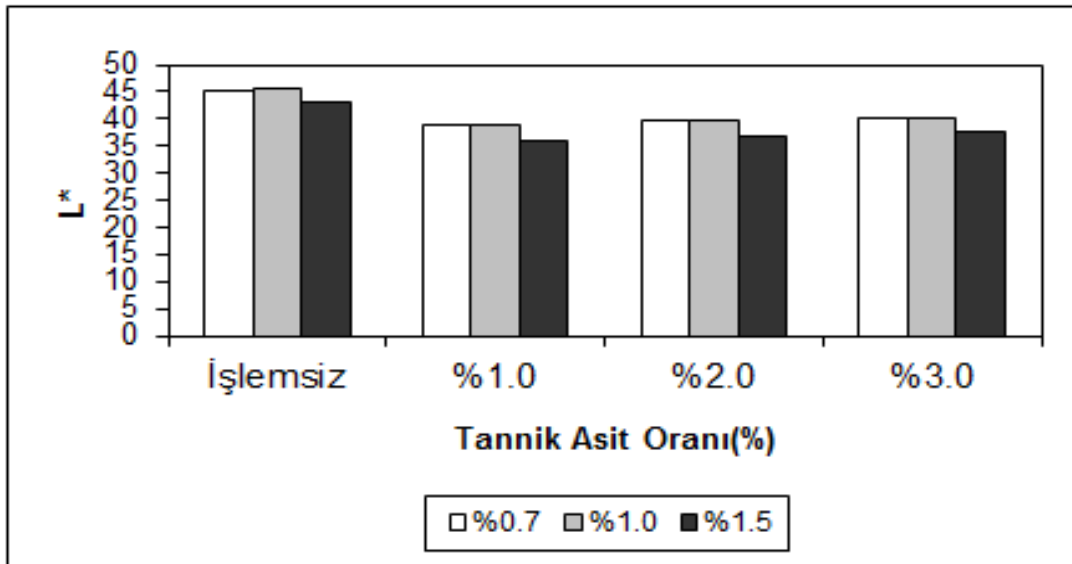


Şekil 4.16 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası a* değerleri

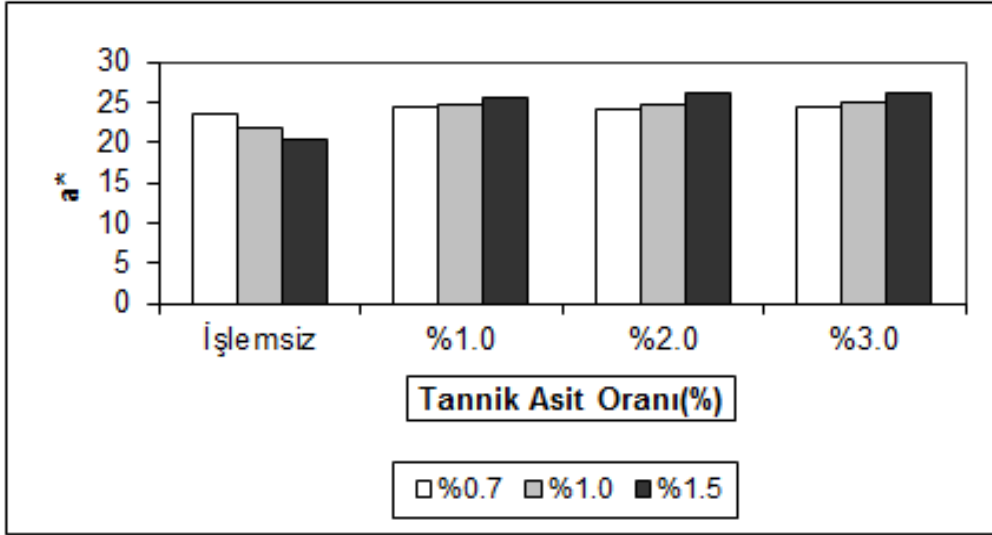


Şekil 4.17 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası b* değerleri

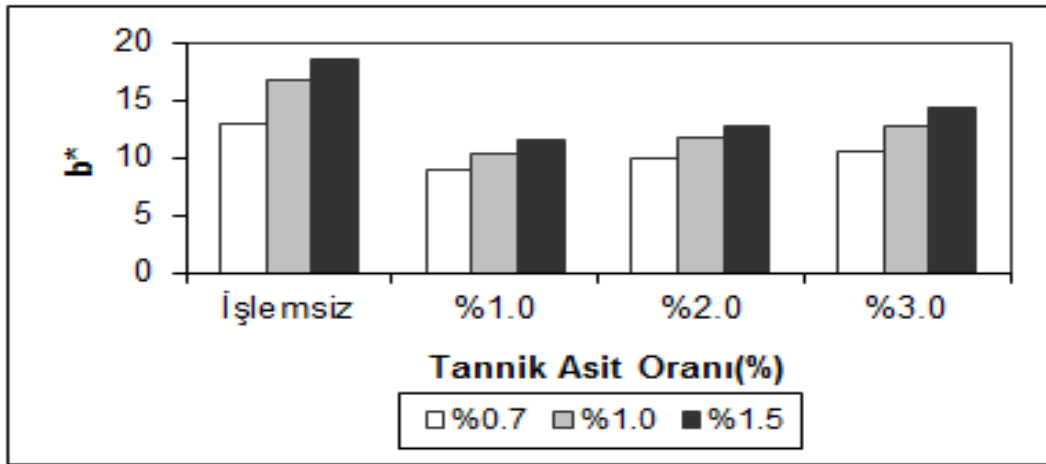
Şekil 4.15-4.17’de görüldüğü gibi Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asit kullanılarak yapılan ard işlem uygulamaları sonucu çalışılan tannik asit oranları(%) için renk açılmış, kızılılaşmış ve parlaklıkları artmıştır. Tannik asit oranı(%) arttıkça, renk daha da açılmaktadır. Renk genel olarak sarıya kaymıştır.



Şekil 4.18 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası L* değerleri



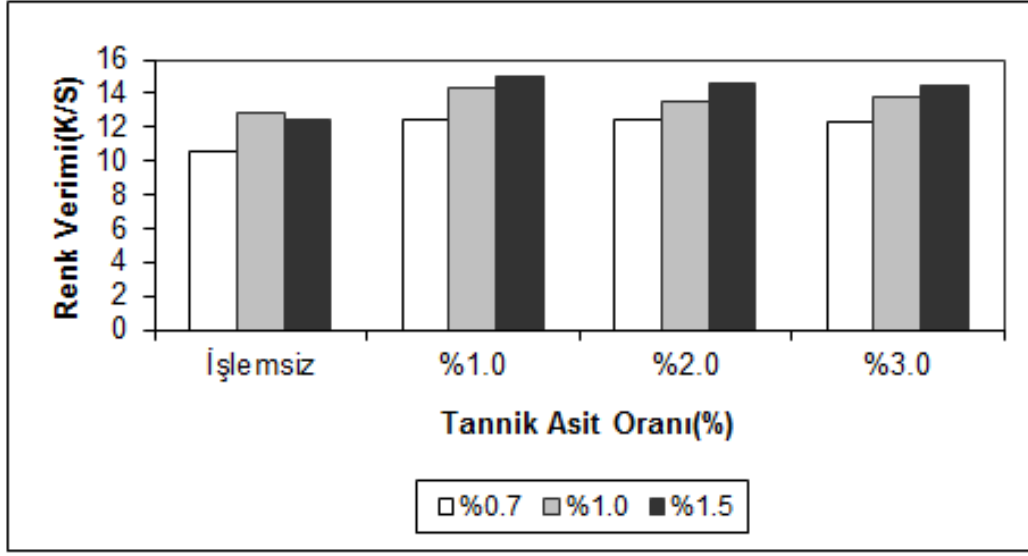
Şekil 4.19 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası a* değerleri



Şekil 4.20 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit ard işlem sonrası b* değerleri

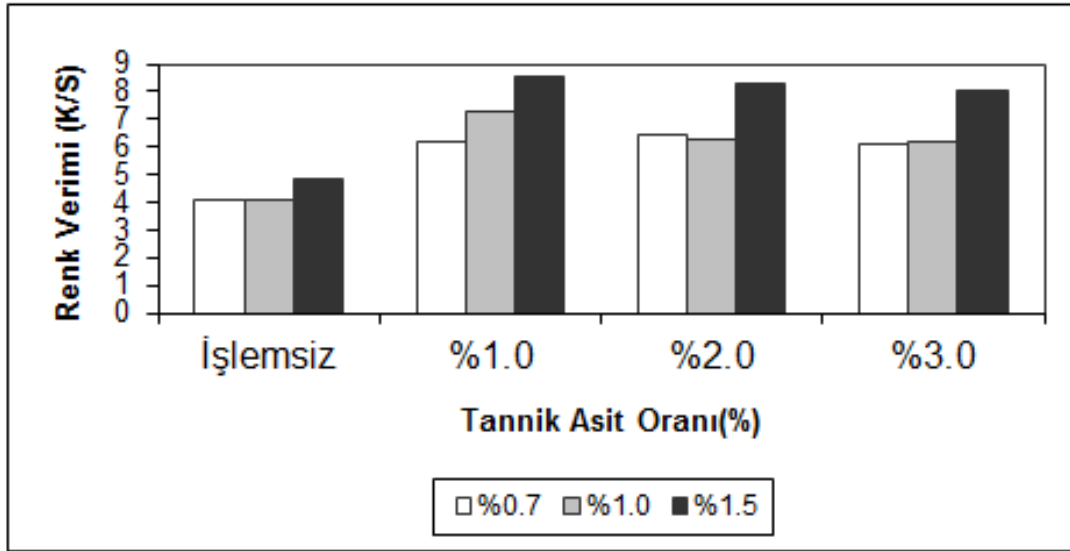
Şekil 4.18-4.20'de görüldüğü gibi Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asit kullanılarak yapılan ard işlem uygulamaları sonucu kullanılan tannik asit oranları (%) için az da olsa renk koyulaştırdığı ve kızılılaşmaktadır. Tannik asit oranı(%) arttıkça, renk genel olarak maviye kaydığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar EK-2'de çizelge olarak gösterilmiştir.

4.5 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Renk Verimi Sonuçları



Şekil 4.21 Bromkresol Moru ile boyanmış naylon kumaşta tannik asit oranının renk verimi üzerine etkisi

Şekilde görüldüğü gibi Bromkresol Moru ile boyalı ve tannik asitle ard işlem sonucunda, tannik asit oranı(%) arttıkça, renk verimi artmaktadır.



Şekil 4.22 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylon kumaşta tannik asit oranının renk verimi üzerine etkisi

Şekil4.22 'de görüldüğü gibi Alizarin Kırmızı S ile boyalı ve tannik asit ile ard işlem sonucunda boyama şiddeti(reng şiddeti) arttıkça, en büyük renk verimi %1,0'lik tannik asit oranında elde edilmiştir.

4.6 Tannik Asit ile Ard İşlem Görmüş Kumaşların Haslık Sonuçları

4.6.1 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Su ve Sürtme Haslık Sonuçları

Çizelge 4.5 Bromokresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları

Boyarmadde Oranı	Tannik asit oranı	Su haslığı değerleri		Sürtme haslığı değerleri	
		PA	Yün	Kuru	Yaş
% 0,7	işlemsiz	2	2/3	5	4/5
	% 1	2	2/3	5	4/5
	% 2	4	3	5	4/5
	% 3	4	4	5	4/5
%1	işlemsiz	1/2	2	5	4/5
	% 1	1	1/2	5	4/5
	% 2	2	2	5	4/5
	% 3	3	3	5	4/5
% 1,5	işlemsiz	1	1/2	5	4/5
	% 1	1	1	5	4/5
	% 2	1/2	1/2	5	4/5
	% 3	1/2	1/2	5	4/5

Çizelge 4.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları

Boyarmadde Oranı	Tannik asit oranı	Su haslığı değerleri		Sürtme haslığı değerleri	
		PA	Yün	Kuru	Yaş
% 0,7	işlemsiz	2/3	2	5	4/5
	% 1	3	3	5	4/5
	% 2	4	4/5	5	4/5
	% 3	4/5	4/5	5	4/5
% 1	işlemsiz	2	2	5	4
	% 1	3	3	5	4/5
	% 2	4	4/5	5	4/5
	% 3	4/5	4/5	5	4/5
% 1,5	işlemsiz	1/2	1/2	5	4
	% 1	2/3	2/3	5	4
	% 2	3	3	5	4
	% 3	3/4	3/4	5	4/5

Çizelge 4.5-6' da ,tannik asitle işlem gören numunelerin su haslıklarında, düşük konsantrasyonda yapılan boyamalarda her iki boyarmadde içinde iyi sonuçlar elde edilmiştir.Bromkresol Moru ile yüksek konsantrasyonda boyanan numunelerde bir gelişme kaydedilmemiştir.Sürtme haslıklarında her iki boyarmadde de oldukça yüksek olduğu gözükmektedir.

4.6.2 Tannik Asit ile Ard İşlem Sonrası Kumaşların Yıkama Haslık Sonuçları

Çizelge 4.7 Bromokresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş numunelerin yıkama haslıkları

Boyarmadde Oranı	Tannik asit oranı	Multifibreli yıkama haslığı						Renk değişimi
		WO	PAC	PES	PA	CO	CV	
% 0,7	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	3
	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
	% 2	5	5	5	4/5	5	5	3
	% 3	5	5	5	4/5	5	5	3
% 1	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	2/3
	% 1	5	5	5	4/5	5	5	2/3
	% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
	% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
% 1,5	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	2
	% 1	5	5	5	4/5	5	5	1/2
	% 2	5	5	5	4/5	5	5	1/2
	% 3	5	5	5	5	5	5	1/2

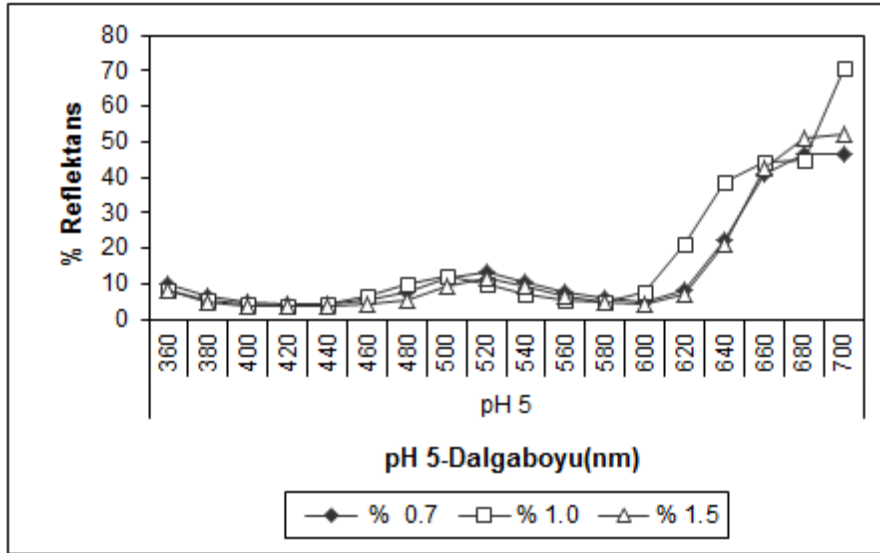
Çizelge 4.8 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle ard işlem görmüş numunelerin yıkama haslıkları

Boyarmadde Oranı	Tannik asit oranı	Multifibreli yıkama haslığı						Renk değişimi
		WO	PAC	PES	PA	CO	CV	
% 0,7	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	1/2
	% 1	5	5	5	5	5	5	2
	% 2	5	5	5	5	5	5	2/3
	% 3	5	5	5	5	5	5	2/3
% 1	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	1/2
	% 1	5	5	5	5	5	5	2/3
	% 2	5	5	5	5	5	5	3
	% 3	5	5	5	4/5	5	5	3/4
% 1,5	işlemsiz	5	5	5	5	5	5	2
	% 1	5	5	5	4/5	5	5	4
	% 2	5	5	5	4/5	5	5	3/4
	% 3	5	5	5	5	5	5	4

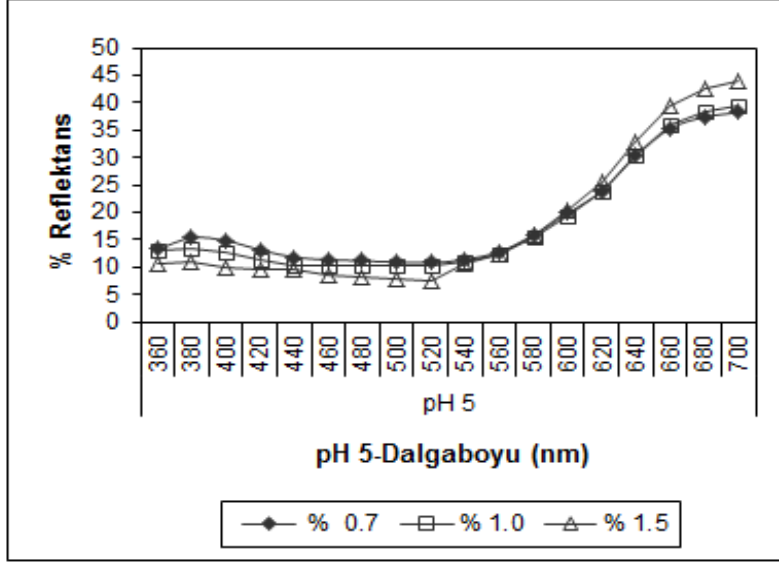
Bromkresol Moru ile boyanan numunelerde tannik asit kullanımı renk değişim değerini pek etkilemezken(Çizelge 4. 11),Alizarin Kırmızı S’de bu etkinin olumlu yönde olduğu kaydedilmiştir(Çizelge 4.12).

4.7 Yapılan Ard İşlemlerin Renk Değişimine Etkisi

Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S boyarmaddeleri ile boyanmış numunelere ait spektral eğrilerden (Şekil 4.23-4.24), poliamid 6,6 için boyarmaddelere ait maksimum absorbansın yapıldığı (minimum reflektans değerindeki) dalga boyu, λ_{max} tespit edilmiştir. Bu değerler Bromkresol Moru için , $\lambda_{max}=430$ nm iken, Alizarin Kırmızı S için ise; $\lambda_{max}= 520$ nm ‘dir.

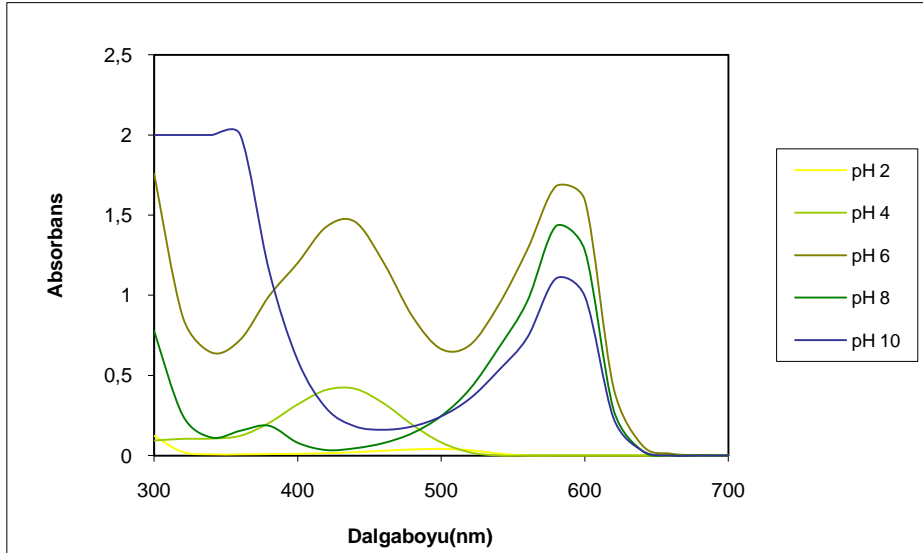


Şekil 4.23 Bromkresol Moru için Dalgaboyu-% reflektans grafiği

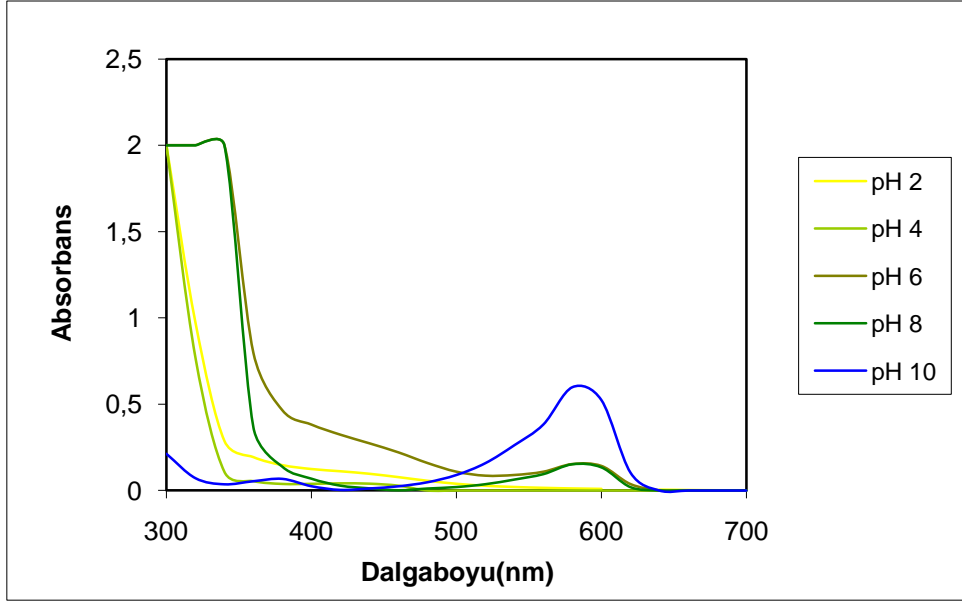


Şekil 4.24 Alizarin Kırmızı S için Dalgaboyu-% reflektans grafiği

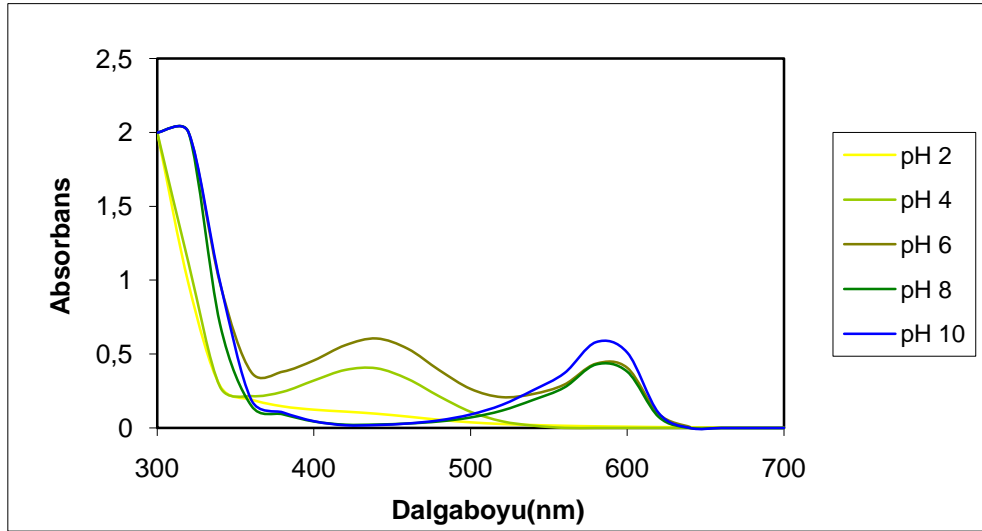
Yapılan ard işlemlerin halokromizme etkisini inceleyebilmek için; hem Bromkresol Moru, hem de Alizarin Kırmızı S boyarmaddelerinin %0,7'lik boyama konsantrasyonunda pH 2-10 arasında HCl ve NaOH kullanılarak çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerin absorban değerleri UV-1800 UV-Vis spektrofotometrede ölçülmüştür. Boyalı ve ard işlem sonrası kumaşların pH 2-10 arasında, HCl ve NaOH kullanılarak hazırlanan 5 farklı çözeltiliye daldırılmış ve renk değişimi EK-3'de gösterilmiştir. 1 saat sonunda numuneler çıkarılarak, renk değişimi kıyaslanmıştır.



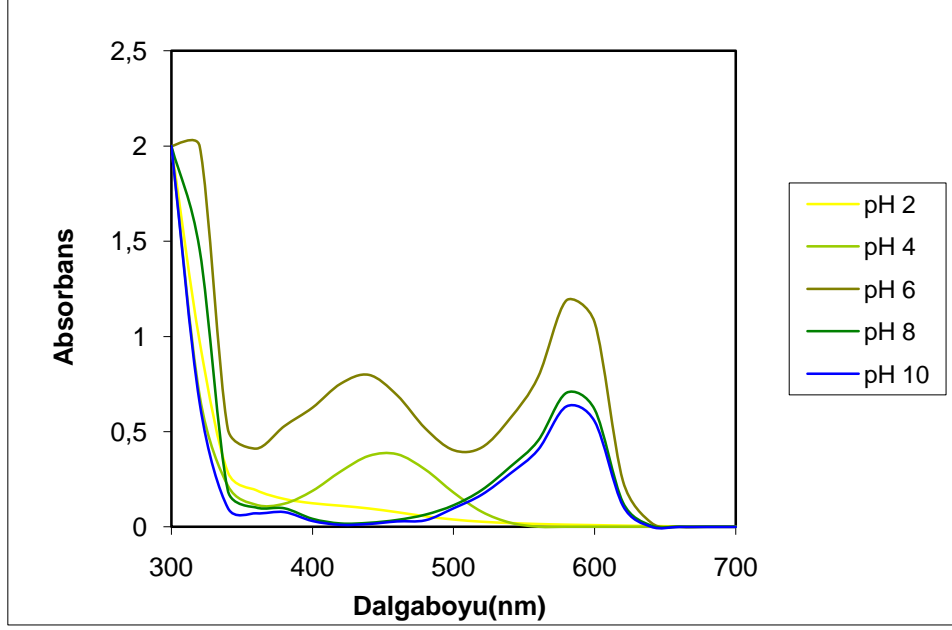
Şekil 4.25 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde çözeltilisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği



Şekil 4.26 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Setafix S %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği

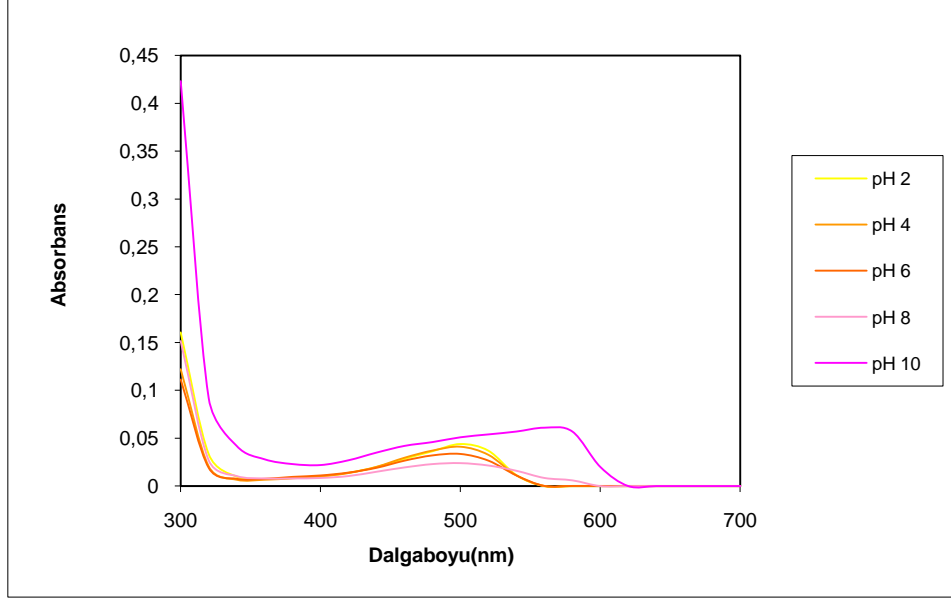


Şekil 4.27 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Erional FRN %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği

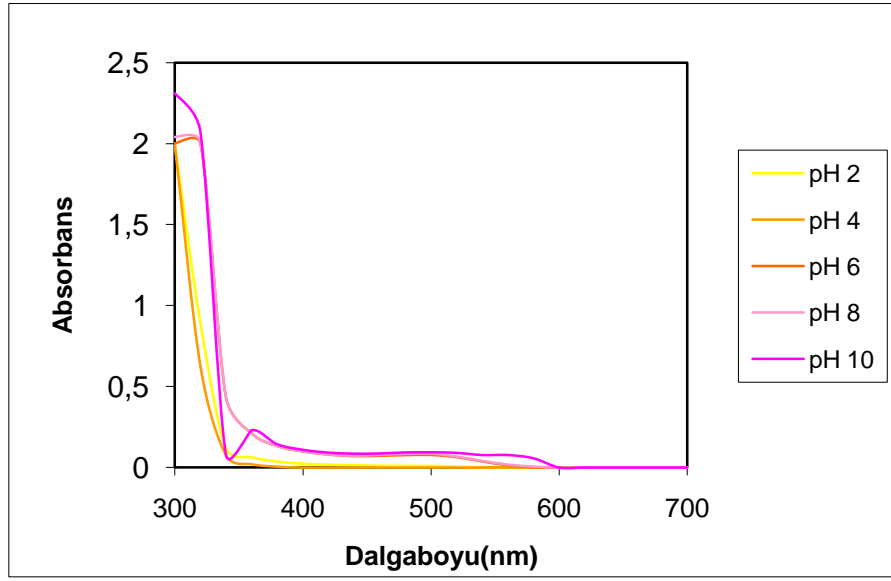


Şekil 4.28 %0,7'lik Bromkresol Moru boyarmadde-Polyfix PA %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği

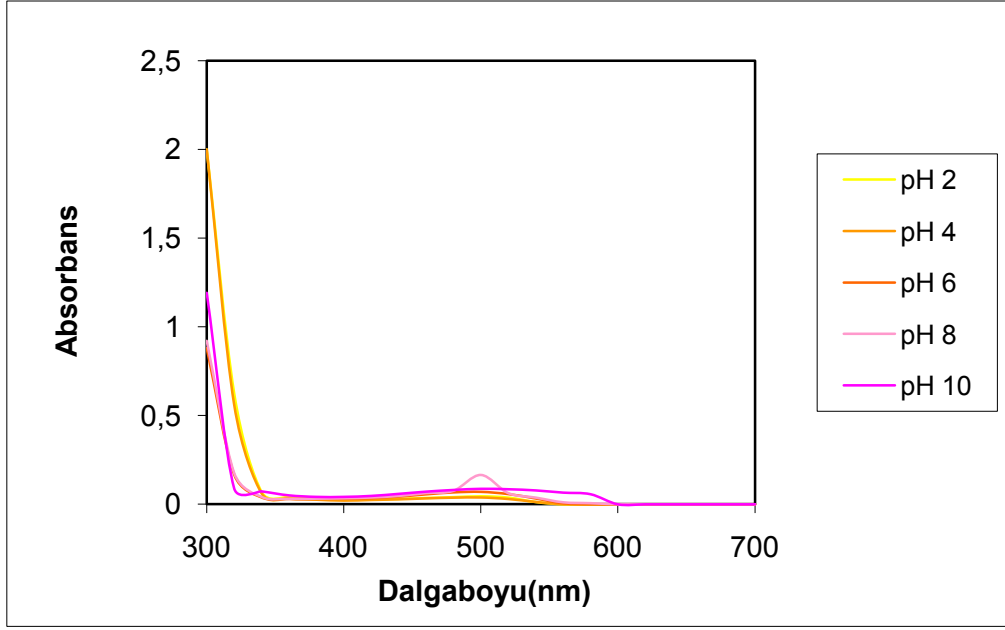
Şekil 4.25-4.28 'de görüldüğü gibi, Bromkresol Morunun %0,7'lik boyama konsantrasyonun da pH 2-10 arasında hazırlanan 5 farklı çözeltinin absorpsiyon spektrumu asidik ortamda hipsokromik kayma(daha kısa dalgaboyuna), bazik ortamda ise; batokromik kayma (daha uzun dalgaboyuna) elde edilmiştir. Bu da 200-700 nm arasındaki spektral bölgede absorpsiyon yapan $n \rightarrow \Pi^*$ ve $\Pi \rightarrow \Pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Bu geçişlerin her ikisi de, Π^* orbitallerini içerdiğinden doymamış fonksiyonel grup içeren organik bileşiklerde gözlenmektedir.



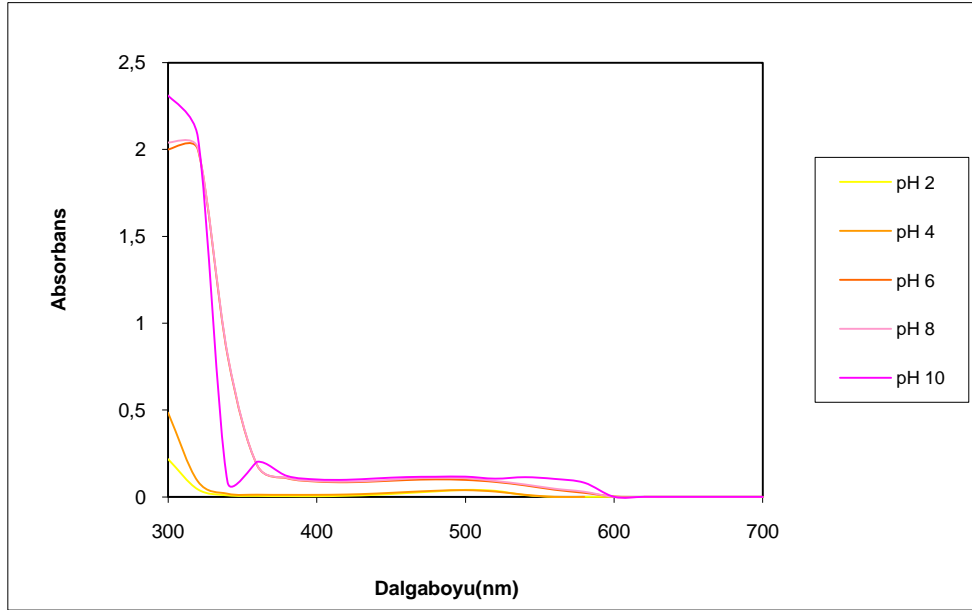
Şekil 4.29 % 0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği



Şekil 4.30 % 0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Setafix S%3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği



Şekil 4.31 %0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Erional FRN %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği



Şekil 4.32 %0,7'lik Alizarin Kırmızı S boyarmadde-Polyfix PA %3'lük çözeltisinin pH 2-10 arasındaki dalgaboyu-absorbans grafiği

Şekil 4.29-4.32 'de görüldüğü gibi, Alizarin Kırmızı S'in %0,7'lik boyama konsantrasyonunda pH 2-10 arasında hazırlanan 5 farklı çözeltinin absorpsiyon spektrumu asidik ortamda hipsokromik kayma(daha kısa dalgaboyuna), bazik ortamda ise; batokromik

kayma(daha uzun dalgaboyuna) gözlemlenmiştir. Bu da yine Bromkresol Moru'nda olduğu gibi, $n \rightarrow \Pi^*$ ve $\Pi \rightarrow \Pi^*$ geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Buna ilaveten EK-3'te de görüldüğü gibi; fiksator kullanılan poliamid 6,6 kumaş numunelerinde renk değişiminin daha yavaş olduğu kaydedilmiştir ve hatta bazı kumaşlarda renk değişimin belirgin bir şekilde olmadığı tespit edilmiştir.

5 SONUÇ

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneyler ve yapılan ölçümlerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Bromkresol Moru boyarmaddesi için fiksator ard işlem uygulamaları sonucu renk açılmıştır. Anyonik fiksator ard işlem sonrası, boyalı numune kumaşın L* değeri artmıştır. Alizarin Kırmızı S için ise; anyonik fiksator ard işlem uygulamaları sonrası renk koyulaşmıştır. Fiksator ard işlem prosesi sonrası, boyalı numune kumaşın L* değeri düşmüştür. Kimyasal madde proseslerinde bu etki, çeşitli katılım reaksiyonları ile gerçekleşmektedir. Ard işlem sonrası materyalin renginin değişmesindeki ana sebep, fikse maddelerinin boyarmadde moleküllerinin suda çözünürlük sağlayan gruplarını bloke edip, boyarmadde molekülleri ile bağ yapması ve kendini poliamid 6,6 lifine bağlayabilmesidir. Bu durum da poliamid 6,6 lifi tarafından alınan boyarmadde miktarının artmasına ve rengin daha koyu ölçülmesine neden olmaktadır.
- b* ekseninde renk; Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S için sarı yönünde değişmiştir.
- Fiksator miktarı arttıkça, renk verimi azalmıştır. Boyama şiddeti (renk şiddeti) arttıkça, fiksator uygulaması rengi daha fazla etkilemiştir. Uygulanan bütün anyonik fiksatorler için en fazla renk verimi; %1.0'luk boyama konsantrasyonunda elde edilmiştir.
- Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorlerle ard işlem görmüş kumaşlarda fiksatorlerin sürtme haslıkları üzerine önemli bir etkisi olmamıştır.
- Fiksator kullanımı ile her iki boyarmadde için de su haslıklarında iyileşme gerçekleşmiştir. En iyi değerler Setafix S fiksatorünün %3'lük konsantrasyonunda elde edilmiştir.
- Bromkresol Moru boyarmaddesi için tannik asit kullanılarak ard işlem uygulamaları sonucu renk açılmıştır. Alizarin Kırmızı S için ise; tannik asit ard işlem uygulamaları sonucu renk az da olsa koyulaşmıştır yani işlem sonrası boyalı kumaşın L* değeri az da olsa azalmıştır. Ard işlem sonrası kumaşın renginin değişmesindeki ana neden, tannik asidin negatif yüklü hidroksil grubu ile boya molekülünün anyonik kısmı arasındaki elektrostatik itme kuvveti yardımı ile boya moleküllerinin lif üzerine fiksasyon hızını arttırmasıdır. Bundan dolayı tannik asit ile ard işlem sonrası kumaş üzerindeki rengin, daha koyu ölçülmesine neden olmaktadır.

- Her iki boyarmadde ile düşük konsantrasyonda yapılan boyamalarda, tannik asit ile yapılan ard işlem sonrası su haslıklarında iyi sonuçlar elde edilmiştir.
- Bromkresol Moru ve Alizarin Kırmızı S'in % 0,7'lik boyama konsantrasyonunda pH 2-10 arasında hazırlanan 5 farklı absorpsiyon spektrumunda $n \rightarrow \Pi^*$ ve $\Pi \rightarrow \Pi^*$ geçişlerindeki etkiler, su veya alkol gibi polar hidrolitik çözücülerde, çözücü protonlarıyla bağ yapmamış elektron çifti arasındaki hidrojen bağı oluşumu ile meydana geldiği söylenebilmektedir.
- Yaş haslıkları geliştirmek için kullanılan fiksator ve tannik asit kimyasalları seçilirken boyarmadenin yapısının göz önünde bulundurulması gerektiği, boyarmaddeden boyarmaddeye haslıklara etkisinin değiştiği yapılan tez çalışmasında görülmüştür.

Akıllı tekstiller, daha iyi bir yaşam kalitesi sağlama, spor ve serbest zaman giysilerinde yüksek performans özellikleri sağlama, koruyucu giysilerde koruma ve konforu birlikte sağlama, yeni tasarımlar ve moda akımlarının oluşturulması gibi birçok önemli avantaja sahiptir. Bütün bu avantajlarına rağmen, akıllı tekstil ürünlerinin çoğu prototip aşamasındadır ve ticari örnekleri çok fazla değildir. Bu çalışma ile tekstil esaslı pH-sensörü uygulamalarında kullanılması ön görülen halokromik boyaların haslık özellikleri artırılarak günlük hayatta kullanıma geçmesine katkı sağlanması beklenmektedir. Bu konu ile ilgili ülkemizde bilinen çalışmalar kısıtlı olduğundan, elde edilen sonuçların daha sonra yapılacak çalışmalara da öncü olacağı düşünülmektedir.

6 KAYNAKLAR

- Anonim (2002).Tekstil Sanayi için En Uygun Teknikler (BAT) Referans Dokümanı, 634s ,Türkiye.
- Anonim (2011).(MEGEP)Sentetikleri Boyama 2. T.C Milli Eğitim Bakanlığı ,26s, Ankara.
- Arslan K (2009).MUSIAD Araştırma Raporları:58, Teknik Tekstiller –Genel ve Güncel Bilgiler, 104 s, Türkiye.
- Bamfield P (2001). Chromic Phenomena The Technological Applications of Colour Chemistry, 374s, England.
- Bozacı E (2007). Yeni Tip Kimyasal Maddelerin Kullanımı ile Pamuk Liflerini Katyonikleştirilerek Boyanması Özelliklerini Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir .
- Bozkurt G (2007). Fotokromik Bileşiklerin Sentezi ve Özelliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 58, Adana.
- Burkinshaw S M , Son Y.A., Bide M J(2001).The aftertreatment of acid dyes on nylon 6,6 fibre Part 2 Non-metallised acid dyes, Dyes and Pigments,48: 209-215.
- Burkinshaw S M , Bahojb-allafan B (2003a).The development of a metal-free, tannic acid-based aftertreatment for nylon 6,6 dyed with acid dyes Part 1: Initial Studies., Dyes and Pigments, 58: 205-218.
- Burkinshaw S M , Bahojb-allafan B (2003b). The development of a metal-free, tannic acid-based aftertreatment for nylon 6,6 dyed with acid dyes Part 2: further studies., Dyes and Pigments, 59: 71–97.
- Burkinshaw S M , Bahojb-allafan B.(2004a). The development of a metal-free, tannic acid-based aftertreatment for nylon 6,6 dyed with acid dyes Part 3:different enzymes, Dyes and Pigments ,60: 91–102.
- Burkinshaw S M , Bahojb-allafan B.(2004b).The development of a metal-free, tannic acid-based aftertreatment for nylon 6,6 dyed with acid dyes Part 4: tannic acid Dyes and Pigments, 62: 159–172.
- Çoşkun E (2007). Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Dayıoğlu H , Karakaş H (2008). Elyaf Bilgisi , 185 s ,İstanbul.
- Laurent, H B , Dürr H (2001). Organic Photochromism, Iupac Technical Report, Vol. 73, No: 4:639- 665.
- Mattila H (2006). Intelligent textile and clothing.Woodhead Publishing Limited,506 s, England.

- Morris D ,Schazmann B , Wu Y , Coyle S , Brady S , Fay C , Hayes J , Lau K T ,Wallace G , Diamond D (2008). WearableTechnologyforBio-Chemical Analysis of Body Fluids During Exercise. 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver, British Columbia, August 20-24, 5741-5744,Canada.
- Öner E (2006). Tekstil Endüstrisinde Renk Ölçümü ve Renk Ölçüm Bilimindeki Son Gelişmeler Güncel Gelişmeler Çerçevesinde İplik ve Terbiye Teknolojileri Semineri, Adana.
- Pakolpakçıl A , Delituna A (2013). Halokromik Boyalarla Boyanmış Nylon Kumaşların Fiksatorlerle Haslıklarının İyileştirilmesi. 14th National & 1st International Recent Developments, Textile Technology and Chemistry Symposium, Bursa.
- Peters A T , Freeman H S (1995). Modern colorants: synthesis and structure.s.245 England.
- Samatya S (2012). Yapay Liflerin Oluşumu. Yapay Liflerin Üretimi ve Yapay Lif Teknolojisindeki Gelişmeler.Lisans Tekstil Projesi,Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Schindler W D , Hauser P J (2004). Chemical finishing of textiles. Woodhead Publishing Limited,s 206 , England.
- Schueren L V (2008). pH-sensitieve textiel material en alsnieuwe textiel sensoren. Vakgroep Textielkunde, Univesity of Ghent, 112 s, Belçika.
- Schueren L V , Clerck K (2010).The Use of pH-indicator Dyes for pH sensitiveTextile Materials, Textile Research Journal ,80: no. 7,s.590-603.
- Schueren L V , Mollet T , Ceylan Ö , Clerck K (2010), The development of polyamide 6.6 nanofibres with a pH-sensitive function by electrospinning. European Polymer Journal 46 s. 2229–2239.
- Schueren L V , Clerck K, Brancatelli G , Rosace G , Damme E V , Vos W (2012). Novel cellulose and polyamide halochromic textile sensors based on the encapsulation of MethylRedinto a sol-gel matrix. Sensors and Actuators B: 162 ,s.27– 34.
- Schueren L V, Hemelsoet K , Speybroeck V , Clerck K (2012). The influence of a polyamide matrix on the halochromic behaviour of the pH sensitive azo dye Nitrazine Yellow. Dyes and Pigments ,94:443-451.
- Schueren L V , Clerck K (2012).Coloration and application of pH-sensitive dyes on textilematerials. Color. Technol.,128:82–90.
- Shindy H A , El-Maghraby M A , Eissa F M (2009). Synthesis, absorption spectra studies, solvatochromism and halochromism of polymethine cyanine dyes. Color. Technol., 125:104–110.
- Staneva D ,Betcheva R (2007). Synthesis and functional properties of new optical pH sensor based on benzo[de]anthracen-7-one immobilized on the viscose. Dyes and Pigments 74: 148-153.

Şahin Y (2006). Asit Boya Banyosu Atık Suların Kimyasal Proseslerle ile Ön Arıtılabilirliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

X-rite (2005), Color Basis, Teknik Bülten.

Yurdakul A ,Öktem T , Kumbasar P, Atav R, Korkmaz A , Arabacı A (2003),Boyama İşleminde Kullanılan Tekstil Kimyasallarının ve Diğer Terbiye İşlemlerinin Haslık Özellikleri Üzerine Etkileri.s.108,Proje No:TAM 2002-02,İzmir.

Yurdakul A , Atav R(2006).Boya- Baskı Esasları. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, 148 s, İzmir.

Zollinger H (2003). Color Chemistry. Wiley-VCH, 637 s, Zürih.

<http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2010/11/dressing-indicates-infections.html> (erişim tarihi, 12 .04. 2012)

http://en.wikipedia.org/wiki/Bromocresol_green (erişim tarihi, 12.04.2012)

http://en.wikipedia.org/wiki/PH_indicator (erişim tarihi, 12.04.2012)

http://www.merckmillipore.com/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/Merck-TR-Site/tr_TR/-/TRY/ViewPDFPrint.pdf?RenderPageType=ProductDetail&CatalogCategoryID=BSub.s1LgqwAAAEWAsofVhTm&ProductUUID=7mib.s1OFogAAAEjhYIHkSzg&PortalCatalogUUID=mNSb.s1L86oAAAEWItYfVhTl (erişim tarihi, 25. 06.2013)

http://www.merckmillipore.com/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/Merck-TR-Site/tr_TR/-/TRY/ViewPDFPrint.pdf?RenderPageType=ProductDetail&CatalogCategoryID=ghGb.s1L_mIAAAEWs.EfVhTl&ProductUUID=R8qb.s1OLOsAAAEj.9hHkSzp&PortalCatalogUUID=t02b.s1LX0MAAAEWc9UfVhTl (erişim tarihi, 25. 06.2013)

http://en.wikipedia.org/wiki/Tannic_acid (erişim tarihi, 25. 06.2013)

<http://textilojen.blogcu.com/akilli-tekstilller/11092722> (erişim tarihi, 25. 06.2013)

https://www.oeko-tex.com/en/manufacturers/test_criteria/limit_values/limit_values.html (erişim tarihi, 25. 06.2013)

7 EKLER

EK-1 Renk Değerlerinin İncelendiği Anyonik Fiksator ile Ard İşlem Sonuçları

Çizelge 7.1 Bromokresol Moru ile boyanmış anyonik fiksatorlerle ard işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları

Boyarma dde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	L*	a*	b*	C*	h°	K/S	λ_{\max} nm	
%0.7	Referans	---	36,21	-2,95	15,13	15,41	101,03	10,55	430	
	Setafix S	% 1	39,80	-3,72	17,98	18,36	101,70	9,74	430	
		% 2	39,63	-3,36	18,30	18,61	100,42	9,78	430	
		% 3	40,03	-2,57	17,54	17,72	98,34	9,48	430	
	Erional FRN	% 1	38,83	-4,57	15,14	15,81	106,78	10,61	430	
		% 2	38,03	-2,42	18,09	18,25	97,60	10,4	430	
		% 3	38,41	-2,28	18,59	18,72	96,99	9,3	430	
	Polyfix PA	% 1	37,37	-2,56	16,22	16,42	99,14	10,54	430	
		% 2	37,50	-2,57	16,00	16,21	100,53	10,3	430	
		% 3	38,91	-3,27	17,60	17,90	106,30	10,2	430	
	Hydrocol APR	% 1	38,76	-4,48	15,34	15,98	104,22	9,33	430	
		% 2	39,62	-4,08	16,11	16,62	105,31	9,065	430	
		% 3	38,57	-4,01	14,65	15,19	92,55	9,18	430	
	%1	Referans	---	34,91	-0,79	16,55	16,61	92,74	12,88	430
		Setafix S	% 1	37,51	-0,99	19,16	19,18	91,30	11,98	430
% 2			38,17	-0,45	19,97	19,98	90,46	11,3	430	
% 3			39,74	-0,18	23,10	23,10	95,59	11,87	430	
Erional FRN		% 1	36,04	-1,89	19,32	19,41	94,88	12,49	430	
		% 2	36,93	-1,46	17,09	17,15	94,90	10,64	430	
		% 3	37,19	-1,63	19,01	19,08	95,60	12,0	430	
Polyfix PA		% 1	37,02	-1,81	18,49	18,58	93,45	11,49	430	
		% 2	37,39	-1,11	18,32	18,36	96,46	11,55	430	
		% 3	38,67	-2,08	18,34	18,46	97,55	10,36	430	
Hydrocol APR		% 1	37,17	-2,33	17,58	17,74	97,55	11,34	430	
		% 2	36,92	-2,24	17,81	17,95	97,18	11,41	430	
		% 3	38,21	-2,39	19,36	19,50	97,04	11,49	430	
%1.5		Referans	---	34,90	-0,69	17,20	17,21	92,30	12,5	430
		Setafix S	% 1	38,53	0,92	23,30	23,31	87,73	12,53	430
	% 2		39,45	1,15	25,50	25,53	87,41	12,86	430	
	% 3		40,53	0,97	26,43	26,44	87,90	12,49	430	
	Erional FRN	% 1	37,27	-0,10	23,08	23,08	90,25	13,54	430	
		% 2	37,9	0,43	20,63	20,64	88,81	11,94	430	
		% 3	37,81	0,44	22,44	22,45	88,87	12,58	430	
	Polyfix PA	% 1	37,37	-1,21	20,98	21,01	93,31	12,42	430	
		% 2	37,5	-0,31	21,88	21,88	90,82	12,6	430	
		% 3	38,36	0,54	23,02	23,03	88,65	12,49	430	
	Hydrocol APR	% 1	37,17	-0,17	21,05	21,05	90,45	13,26	430	
		% 2	37,34	-0,40	20,93	20,94	91,08	12,64	430	
		% 3	37,38	0,30	22,07	22,07	89,23	12,45	430	

Çizelge 7.2 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve anyonik fiksatorlerle ard işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları

Boyarmadde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	L*	a*	b*	C*	h°	K/S	λ_{max} nm
% 0.7	Referans	---	45,20	23,48	12,84	26,76	28,68	4,8	520
	Setafix S	% 1	43,94	24,84	15,35	29,20	31,71	5,15	520
		% 2	42,32	24,66	13,77	26,91	23,60	4,8	520
		% 3	44,03	26,26	14,06	29,78	28,17	5,00	520
	Erional FRN	% 1	43,41	24,80	12,80	27,47	25,44	5,12	520
		% 2	42,94	24,96	13,42	28,34	28,27	4,79	520
		% 3	43,67	24,95	13,86	28,54	29,05	4,9	520
	Polyfix PA	% 1	43,75	24,19	14,00	27,95	30,07	5,08	520
		% 2	43,75	24,38	13,69	27,96	29,31	4,82	520
		% 3	43,77	24,28	13,88	27,97	29,76	4,88	520
	Hydrocol APR	% 1	43,20	24,99	12,90	28,12	27,30	4,98	520
		% 2	43,48	24,39	14,44	28,35	30,63	4,9	520
% 3	43,55	24,27	13,13	27,59	28,41	4,7	520		
% 1	Referans	---	45,44	21,92	15,70	27,56	37,29	4,04	520
	Setafix S	% 1	41,67	24,82	15,74	29,40	32,28	6,35	520
		% 2	41,39	27,21	15,76	31,34	29,76	5,67	520
		% 3	42,60	25,19	17,93	30,92	35,44	5,75	520
	Erional FRN	% 1	40,11	25,04	16,10	29,24	31,08	6,48	520
		% 2	39,75	24,11	16,30	28,03	30,67	6,45	520
		% 3	39,89	23,15	16,10	27,10	31,35	6,25	520
	Polyfix PA	% 1	40,60	25,42	16,20	29,62	30,88	6,28	520
		% 2	41,73	25,42	16,11	20,10	32,36	6,32	520
		% 3	40,79	25,84	15,68	30,23	31,25	5,75	520
	Hydrocol APR	% 1	40,44	25,57	15,75	30,04	31,63	6,48	520
		% 2	41,03	25,73	15,85	30,22	31,64	6,28	520
% 3		41,20	25,89	16,43	30,67	32,39	6,23	520	
% 1.5	Referans	---	45,92	20,22	18,07	27,45	42,56	4,78	520
	Setafix S	% 1	44,45	23,23	18,73	29,84	38,88	4,75	520
		% 2	44,28	23,51	19,24	30,38	39,29	4,93	520
		% 3	46,38	22,57	20,98	30,82	42,90	4,2	520
	Erional FRN	% 1	43,96	22,85	18,19	28,59	36,95	4,41	520
		% 2	43,27	23,66	18,96	29,71	37,21	5,05	520
		% 3	44,12	22,80	18,89	29,65	39,75	4,79	520
	Polyfix PA	% 1	43,60	23,12	18,48	28,99	37,09	4,73	520
		% 2	43,66	23,14	18,98	28,70	36,27	4,74	520
		% 3	43,26	23,16	18,97	29,94	39,33	4,74	520
	Hydrocol APR	% 1	44,49	22,93	20,00	30,42	41,09	4,48	520
		% 2	44,18	22,96	19,68	30,24	40,60	4,74	520
% 3		45,17	23,20	18,34	29,58	38,32	4,75	520	

EK-2 Renk Değerlerinin İncelendiği Tannik Asit ile Ard İşlem Sonuçları

Çizelge 7.3 Bromkresol Moru ile boyanmış ve tannik asitle işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları

Boyarmadde oranı	Tannikasit oranı	L*	a*	b*	C*	h°	K/S	λ_{\max} nm
% 0.7	işlemsiz	36,21	-2,95	15,13	15,41	101,03	10,55	430
	% 1	38,64	0,74	22,20	22,21	88,09	12,5	430
	% 2	37,99	0,53	21,27	21,28	88,58	12,38	430
	% 3	38,40	1,05	22,26	22,28	87,30	12,24	430
% 1	işlemsiz	34,91	-0,79	16,55	16,61	92,74	12,88	430
	% 1	37,04	3,37	23,71	23,95	81,90	14,26	430
	% 2	37,71	3,74	24,33	24,62	81,27	13,46	430
	% 3	38,42	3,57	25,22	25,47	81,94	13,8	430
% 1.5	işlemsiz	34,90	-0,69	17,20	17,21	92,30	12,5	430
	% 1	39,26	6,17	29,26	29,90	78,09	15,04	430
	% 2	38,23	6,84	27,28	28,12	75,93	14,64	430
	% 3	38,61	6,76	27,23	28,15	76,11	14,5	430

Çizelge 7.4 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve tannik asitle işlem görmüş kumaşların renk ölçüm sonuçları

Boyarmadde oranı	Tannikasit oranı	L*	a*	b*	C*	h°	K/S	λ_{\max} nm
% 0.7	işlemsiz	45,20	23,48	12,84	26,76	28,68	4,085	520
	% 1	38,81	24,31	8,85	26,28	22,35	6,147	520
	% 2	39,58	23,98	10,00	25,57	20,26	6,40	520
	% 3	40,03	24,49	10,47	26,63	23,14	6,08	520
% 1	işlemsiz	45,44	21,92	16,70	27,56	37,29	4,04	520
	% 1	38,94	24,66	10,39	26,76	22,85	7,29	520
	% 2	39,73	24,72	11,74	27,36	25,40	6,24	520
	% 3	40,25	24,89	12,72	27,95	27,06	6,19	520
% 1.5	işlemsiz	42,92	20,22	18,57	27,45	42,56	4,8	520
	% 1	35,86	25,57	11,43	28,01	24,08	8,53	520
	% 2	36,76	26,11	12,80	29,08	26,13	8,3	520
	% 3	37,61	26,05	14,31	29,73	28,79	8,00	520

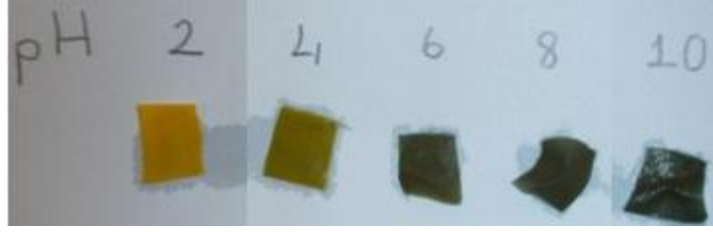
Çizelge 7.5 Bromokresol Moru ile boyanmış ve fiksatorlerle ile ard işlem görmüş kumaşların su haslıkları

Boyarmadde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Su haslığı değerleri	
			PA	Yün
0.7%	Referans	---	2	2/3
	Setafix S	% 1	3	3/4
		% 2	4/5	4
		% 3	5	4/5
	Erional FRN	% 1	3	3/4
		% 2	3/4	3/4
		% 3	3/4	3/4
	Polyfix PA	% 1	2/3	3/4
		% 2	2/3	4
		% 3	4/5	4/5
	Hydrocol APR	% 1	2/3	3
		% 2	3/4	4
% 3		3/4	4/5	
1%	Referans	---	1/2	2
	Setafix S	% 1	2/3	3/4
		% 2	4	4
		% 3	4	4/5
	Erional FRN	% 1	2/3	2/3
		% 2	3	3/4
		% 3	3	3/4
	Polyfix PA	% 1	3	3
		% 2	3	3/4
		% 3	3/4	4
	Hydrocol APR	% 1	3	2/3
		% 2	3	2/3
% 3		3/4	3/4	
1.5%	Referans	---	1	1/2
	Setafix S	% 1	2	2/3
		% 2	4	4
		% 3	4	4
	Erional FRN	% 1	2	2/3
		% 2	2/3	3
		% 3	2/3	3
	Polyfix PA	% 1	2	2/3
		% 2	2/3	3
		% 3	3/4	4
	Hydrocol APR	% 1	2/3	3
		% 2	2/3	3
% 3		3/4	3/4	

Çizelge 7.6 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış ve fiksatorlerle ile ard işlem görmüş kumaşların su ve sürtme haslıkları

Boyarmadde oranı	Fiksator Cinsi	Fiksator miktarı	Su haslığı değerleri		
			PA	Yün	
0.7%	Referans	---	2/3	2	
	Setafix S	% 1	3/4	3/4	
		% 2	4	4	
		% 3	4/5	4/5	
	Erional FRN	% 1	3/4	2/3	
		% 2	4	3/4	
		% 3	4	3/4	
	Polyfix PA	% 1	3	3/4	
		% 2	3/4	4	
		% 3	3/4	4	
	Hydrocol APR	% 1	3	3	
		% 2	3	3/4	
		% 3	4	4	
	1%	Referans	---	2	2
		Setafix S	% 1	3	3/4
% 2			4/5	4	
% 3			4	4/5	
Erional FRN		% 1	3	2/3	
		% 2	3	3/4	
		% 3	3/4	3/4	
Polyfix PA		% 1	2/3	2/3	
		% 2	4	4	
		% 3	3/4	4	
Hydrocol APR		% 1	2/3	2/3	
		% 2	4	3/4	
		% 3	4	4	
1.5%		Referans	---	1/2	1/2
		Setafix S	% 1	3/4	3
	% 2		4	3/4	
	% 3		4	4	
	Erional FRN	% 1	3	2/3	
		% 2	3/4	3	
		% 3	3/4	3/4	
	Polyfix PA	% 1	3	2/3	
		% 2	4	3	
		% 3	4	3	
	Hydrocol APR	% 1	3	2/3	
		% 2	3/4	3	
		% 3	4	3/4	

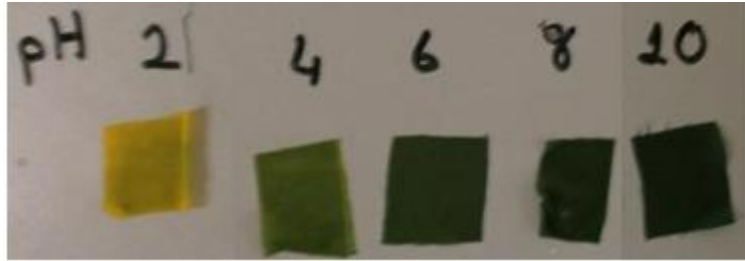
EK-3 Yapılan Ard İşlemlerin Renk Değişimine Etkisi



Şekil 7.1 % 0,7 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.2 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.3 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Polyfix PA ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



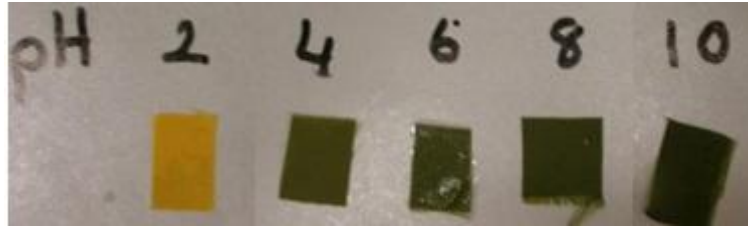
Şekil 7.4 % 0,7 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.5 % 1 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



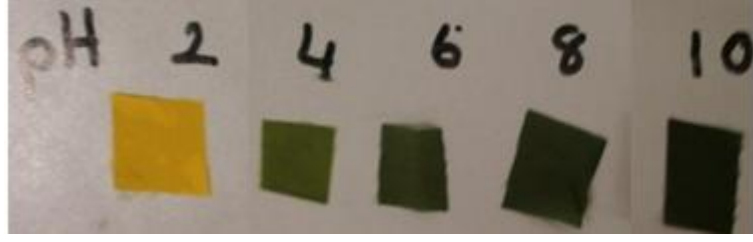
Şekil 7.6 % 1 Bromokresol Moru %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.7 % 1 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.8 % 1,5 Bromokresol Moru ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.9 % 1,5 Bromokresol Moru %3 Hydrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



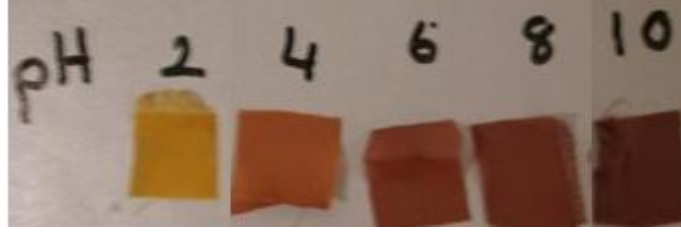
Şekil 7.10 % 1,5 Bromokresol Moru %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.11 % 0,7 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.12 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.13 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Hydrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.14 % 0,7 Alizarin Kırmızı S %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.15 % 1 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.16 %1 Alizarin Kırmızı S %3 Setafix S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



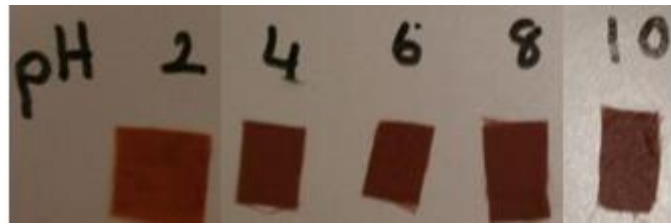
Şekil 7.17 % 1 Alizarin Kırmızı S %3 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.18 % 1,5 Alizarin Kırmızı S ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.19 % 1,5 Alizarin Kırmızı S %3 Hyrocol APR ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk



Şekil 7.20 % 1,5 Alizarin Kırmızı S %2 Tannik asit ile boyanmış naylonun farklı pH çözeltilerinde 1 saat sonra sahip olduğu renk

ÖZGEÇMİŞ

19.12.1988 Meriç' te doğdu. Orta ve lise öğrenimini Malkara' da tamamladı. 2010 yılında Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden mezun oldu. Tekstil boya-apre fabrikasında çalıştı. 2011 yılında Namık Kemal Üniversitesinde Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. İstanbul Tekstil Araştırma Merkezi'nde çalışmaktadır.