

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84919

SELÜLOZİK LİFLERİ AYNI RENGE BOYAYAN  
BOYARMADDE KOMBİNASYONLARININ  
SPEKTRAL DİAGRAMLARININ İNCELENMESİ

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Kimya Mühendisi Özgür Alp ALMAZ

F.B.E Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selahattin Gökmen (Y.T.Ü)  
İkinci Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ayşe Uygur (M.Ü)

SINAV JÜRİSİ

Prof. Dr. Selahattin Gökmen *M. Gökmen*

Prof. Dr. Abdulkadir Kuyulu

Doç. Dr. Yusuf İnanıcı

İSTANBUL, 1999

*Y. İnanıcı*

21919

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	i
KISALTMA LİSTESİ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL ELYAFI	3
2.1 Selülozik Elyaf	5
2.1.1 Doğal selülozik elyaf	5
2.1.2 Rejenere selülozik elyaf	11
2.1.2.1 Rejenere selüloz liflerinin eldesi	12
3. REAKTİF BOYARMADDELER	17
3.1 Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması	19
3.1.1 Substantifliğine göre sınıflandırma	19
3.1.2 Kromofor gruplarına göre sınıflandırma	20
3.1.3 Reaktivitesine göre sınıflandırma	21
3.2 Reaktif Boyarmaddelerin Özellikleri	22
3.3 Reaktif Boyarmaddelerin Boyama Mekanizması	23
4. RENK BİLGİSİ	27
4.1 Rengin Temel Kavramları	27
4.1.1 Işık kaynağı (aydınlatıcı )	29
4.1.2 Gözlenen Cisim	30
4.1.3 Gözlemci	31
4.2 Renk Ölçümü	33
4.2.1 Rengin tristimulus değerleri ile karakterizasyonu	33
4.2.2 Kromatisite koordinatları ve kromatisite diagramı	35

4.2.3	Renk farklılıklarının değerlendirilmesi	37
4.2.3.1	Munsell renk skalası	37
4.2.3.2	Judd-Hunter sistemi	38
4.2.3.3	Mac-Adams renk farkı sistemi	38
4.2.3.4	CIE LAB renk uzayı	39
4.2.4	Metamerizm	43
4.3	Tekstil Mamulleri İçin Boyama Reçetelerinin Öngörülmesi	44
5.	DENEYSEL BÖLÜM	53
5.1	Metaryel	53
5.1.1	Kullanılan kumaş	53
5.1.2	Kullanılan boyarmadde ve kimyasallar	53
5.1.2.1	Monoklortriazin (Procion H-EXL ) boyarmaddelerin özellikleri	54
5.1.3	Boyama aygıtı	59
5.1.4	Renk ölçüm cihazı	59
5.2	Yöntem	60
5.2.1	Boyama reçetelerinin belirlenmesi	60
5.2.2	Boyama yöntemleri	65
5.2.2.1	Monoklortriazin reaktif grubu içeren(Procion H-EXL ) boyarmaddeler için boyama şeması	65
5.2.2.2	Vinilsülfon reaktif grubu içeren (Remazol, Ambifix ) boyarmaddeler için boyama şeması	66
5.3	Deney Sonuçları	68
5.3.1	Monoklortriazin (Procion H-EXL) grubu boyarmaddelerle yapılan boyamaların spektral diagramları	69
5.3.2	Vinilsülfon (Remazol,Ambifix) boyarmaddelerle yapılan boyamaların spektral diagramları	81
6.	TARTIŞMA ve SONUÇ	93
	KAYNAKLAR	95
	ÖZGEÇMİŞ	97

## SİMGE LİSTESİ

C	Renklendirici konsantrasyonu
C*	Kroma
$\rho$	Polarize olmayan ışığın yansıtma faktörü
$n_1, n_2$	İki farklı fazın kırınım indeksi
x	Kromatisite koordinatı ( sarı-mavi koordinat)
y	Kromatisite koordinatı ( kırmızı-yeşil koordinat)
X, Y, Z	Tristimulus değerleri
$X_n, Y_n, Z_n$	Işık kaynağının tristimulus değerleri
$K_a, K_b$	Judd-Hunter sistemi için kromatiklik katsayıları
$\lambda$	Dalgaboyu (nm)
$L^*, a^*, b^*$	CIE Lab koordinatları
h	Hue
$\Delta E$	Renk farkı
$R_\lambda$	Boyanmış yüzey üzerinde $\lambda$ dalga boyunda ölçülmüş reflektans değeri
$E_\lambda$	Işık kaynağının $\lambda$ dalga boyunda verdiği ışık miktarı
MI	Metamerizm indeksi
K	Absorbsiyon katsayısı
S	Saçınım katsayısı
$R_g$	Film tabakasının üzerinde bulunduğu tabakanın reflektans değeri
$R_\alpha$	Sonsuz kalınlıktaki bir numunenin, belirli dalga boyundaki reflektansı

## **KISALTIMA LİSTESİ**

AATCC	American Association of Textile Chemist and Colorist
CIE	Commission Internationale de L' éclairage
CMC	Color Measurement Comitee
JSDC	Journal of The Society of Dyers and Colourists



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Glukozun moleküler yapısı.....5
Şekil 2.2	Selülozun kimyasal yapısı.....6
Şekil 2.3	Saçaklı misel (fringed misel) model.....7
Şekil 2.4	Saçaklı fibril model (fringed fibril) model.....8
Şekil 2.5	Selüloz molekülünün kristal yapısı.....8
Şekil 2.6	Pamuk elyafının moleküler dizilişi ve tabakalarının görünümü.....9
Şekil 2.7	Merserize olmamış pamuğun boyuna ve enine mikroskop görüntüleri.....10
Şekil 2.8	Merserize olmuş pamuğun boyuna ve enine mikroskop görüntüleri.....10
Şekil 2.9	0.14 Tex rejenere bakır ipeği elyafının mikroskop görüntüsü (AATCC).....16
Şekil 2.10	017 Tex rejenere viskoz ipeği parlak elyafının mikroskop görüntüsü (AATCC). ....16
Şekil 2.11	017 Tex rejenere viskoz ipeği yarı mat elyafının mikroskop görüntüsü (AATCC).....16
Şekil 3.1	Önemli reaktif boyarmadde gruplarının bağıl substantiflikleri.....19
Şekil 3.2	Selüloz liflerini boyayan reaktif boyarmaddeler.....22
Şekil 4.1	CIE Standart aydınlatıcılarının spektral dağılımları.....30
Şekil 4.2	CIE 2 <sup>0</sup> ve 10 <sup>0</sup> görüş açısına sahip standart gözlemci için kromatisite koordinatları.....32
Şekil 4.3	CIE 2 <sup>0</sup> ve 10 <sup>0</sup> görüş açılarının şematik gösterimi.....32
Şekil 4.4	CIE 1931 (x,y) kromatisite Diagramı.....36
Şekil 4.5	Munsel renk ağacı.....37
Şekil 4.6	CIE 1931 Kromatisite diagramı üzerine çizilmiş MacAdams elipsleri.....39
Şekil 4.7	L*, a*, b* Renk uzayı.....40
Şekil 4.8	Bir boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyamalara ait Dalgaboyu-Reflektans % grafiği.....48
Şekil 4.9	Bir boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan

	boyamalara ait konsantrasyon-f(R) grafiği.....	48
Şekil 4.10	Bilgisayarla renk eşleştirmenin algoritması.....	52
Şekil 5.1	Procion H-EXL boyarmaddeler için boyama şeması.....	65
Şekil 5.2	Remazol boyarmaddeleri için boyama şeması.....	66
Şekil 5.3	Lila Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	69
Şekil 5.4	Lila Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100PAMUK.....	69
Şekil 5.5	Lila Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	70
Şekil 5.6	Lila Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	70
Şekil 5.7	Lila Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	71
Şekil 5.8	Lila Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	71
Şekil 5.9	Kırmızı Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	72
Şekil 5.10	Kırmızı Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	72
Şekil 5.11	Kırmızı Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	73
Şekil 5.12	Kırmızı Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	73
Şekil 5.13	Kırmızı Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	74
Şekil 5.14	Kırmızı Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	74
Şekil 5.15	Bej Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	75
Şekil 5.16	Bej Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Rreflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	75

Şekil 5.17	Bej Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	76
Şekil 5.18	Bej Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	76
Şekil 5.19	Bej Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	77
Şekil 5.20	Bej Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	77
Şekil 5.21	Mor Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	78
Şekil 5.22	Mor Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	78
Şekil 5.23	Mor Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	79
Şekil 5.24	Mor Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	79
Şekil 5.25	Mor Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	80
Şekil 5.26	Mor Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	80
Şekil 5.27	Lila Renk/Reçete 1'e ait Vinilsülfon (Remazol) ile yapılan boyamanın reflektans dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	81
Şekil 5.28	Lila Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	81
Şekil 5.29	Lila Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	82
Şekil 5.30	Lila Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	82
Şekil 5.31	Lila Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	83
Şekil 5.32	Lila Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	83

Şekil 5.33	Kırmızı Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	84
Şekil 5.34	Kırmızı Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	84
Şekil 5.35	Kırmızı Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	85
Şekil 5.36	Kırmızı Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	85
Şekil 5.37	Kırmızı Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	86
Şekil 5.38	Kırmızı Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans - Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	86
Şekil 5.39	Bej Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	87
Şekil 5.40	Bej Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	87
Şekil 5.41	Bej Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	88
Şekil 5.42	Bej Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	88
Şekil 5.43	Bej Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans -Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	89
Şekil 5.44	Bej Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans - Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	89
Şekil 5.45	Mor Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	90
Şekil 5.46	Mor Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Ddalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	90
Şekil 5.47	Mor Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK.....	91
Şekil 5.48	Mor Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	91

Şekil 5.49 Mor Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans- Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	92
Şekil 5.50 Mor Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON.....	92



## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Selüloz maddesi ve çeşitli rejenere selüloz lif tiplerini oluşturan selüloz makromoleküllerinin ortalama polimerizasyon dereceleri.....14
Çizelge 3.1	Önemli reaktif boyarmadde grupları ..... 18
Çizelge 4.1	Gözlenen renk ile absorblanan renk arasındaki ilişki.....28
Çizelge 4.2	Judd – Hunter sisteminde rengin değerlendirileceği ışık kaynağı için kromatiklik bilgileri.....38
Çizelge 4.3	Işık kaynağı/Gözlemci kombinasyonunun tristimulus değerleri.....42
Çizelge 5.1	Çalışmada kullanılan boyarmaddeler. ....53
Çizelge 5.2	İstenilen renklerin L*, a*, b*, C*, h değerleri .....60
Çizelge 5.3	Lila renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....61
Çizelge 5.4	Kırmızı renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....61
Çizelge 5.5	Bej renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....62
Çizelge 5.6	Mor renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....62
Çizelge 5.7	Lila renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....63
Çizelge 5.8	Kırmızı renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....63
Çizelge 5.9	Bej renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....64
Çizelge 5.10	Mor renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri.....64
Çizelge 5.11	Procion H-EXL ile boyamalarda kullanılan tuz ve soda miktarları.....65

## ÖNSÖZ

Tekstil sanayiinde renk eşleştirme ve renk kontrolünde reflektans spektrofotometrelerinin ve bilgisayarların kullanılmaya 1960'lı yılların başında başlanmış olmasına rağmen, yaygın kullanıma girmesi 1980'li yılları bulmuştur.

Renk ölçüm spektrofotometrelerinden alınan teorik renk reçetelerinin uygulamaya geçirilmesinde büyük güçlükler yaşanmaktadır. Aynı derecede önemli bir problem de, karşılaştırılan iki rengin değerlendirilmesinde hangi kriterlerin ( $\Delta E$  , Spektral diagram,...) önemli olduğudur. Renk değerlendirmelerinde özellikle renk ölçüm spektrofotometrelerinin insan gözü ile belirli bir uyum göstermesi gerekmektedir.

Renklerin farklı koşullar dizisi altında farklı görünmesi olarak da açıklanan metamerizm renk değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir parametredir.

Bu çalışmada özellikle renk değerlendirmelerinde spektral diagramların da kullanılmasıyla renk değerlendirmenin daha etkin ve verimli bir şekilde yapılabileceği ve spektral diagram farklılıklarının renk farkına ne ölçüde etki ettiği gösterilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma ışığında, özellikle spektral diagramları farklılık gösteren numuneler üzerinde bu doğrultuda derinlemesine çalışmalar yapılmasının daha etkin sonuçlar vereceği görülmüştür.

Bu çalışmanın, renk ölçüm mekanizmasının anlaşılmasında ve gelecekte bu konu ile ilgili çalışmalar yapmak isteyen araştırmacılara yararlı olmasını tüm içtenliğimle dilerim.

Ayrıca , bu çalışmamda bana verdiği her tür destekten dolayı değerli hocam, tez danışmanım, Sn. Prof. Dr.Selahattin Gökmen'e ve ikinci tez danışmanım, Sn Doç. Dr. Ayşe Uygur'a , çalışmanın deneysel bölümlerinin yapılmasında çok büyük yardımlarını gördüğüm PISA tekstil yetkililerine , kalite kontrol müdürü Sn. Berrin Kadıhasanoğluna, Sn. Serpil Kaymak'a ve tüm çalışanlarına, çalışmalarımın bir bölümünü yaptığım ve gerekli desteği gördüğüm çalışmakta olduğum şirketim ITS' in başta Sn. İnci Orkun olmak üzere tüm yönetici ve çalışanlarına, gerekli materyel , boyarmade ve kimyasal temininde destek veren Sateks A.Ş'ye, BASF Firmasına , her tür konuda bilgi ve desteğini esirgemeyen tüm ilgililere , ayrıca bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Özgür Alp Almaz  
Haziran, 1999

## ÖZET

Bu çalışmada, istenilen standart renklerin eldesi için renk ölçüm spektrofotometresi kullanılarak elde edilen boyama reçetelerine göre boyama çalışmaları yapılarak bunların spektral diagramları incelenmiştir.

Teorik Bölümde selülozik lifler , reaktif boyarmaddeler ve renk ölçümü hakkında bilgiler verilmiştir.

Deneysel bölümde, istenilen standart renkler için renk ölçüm spektrofotometresi ve içerisinde bulunan renk eşleştirme yazılımı kullanılarak verilen reçeteler ile boyama çalışmaları yapılmıştır. Boyanmış mamul ile istenilen standart renk arasındaki farklılıklar CIE Lab sistemi kullanılarak belirlenmiş ve görünür bölgede %R-Dalgaboyu grafikleri (Spektral Diagramları) çizilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda renk değerlendirilmesinde  $\Delta E$  değeri kadar spektral diagramlarının da önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

## **ABSTRACT**

In this research, the dyeing study has performed according to the dye recipes that is ensured by the use of colour measurement spectrophotometer for the requested standart colour and spectral diagram of dyed sample have been investigated.

In the theoretical section, some information has given regarding to cellulosic fiber, reactive dyes and colour measurement.

In the experimental section, the dyeing study has been performed according to the recipes that determined by colour measurement spectrophotometer and it's software,

The colour differences between dyed sample and requested standart colour have been determined by the use of CIE Lab system and %R –Wavelength graphs ( spectral diagram) have been plotted in the visual region.

As the conclusion of this research , it can be said that reflectance diagram is as important as  $\Delta E$  value in the assessment of colour differences.

## 1. GİRİŞ

Günümüz Türk tekstil sanayii ulaştığı hacim ve işgücü bakımından ülkemizin en büyük sanayi sektörü haline gelmiştir. Tekstil sanayi bünyesinde barındırdığı işletmelerin sürekli artışı ve rekabet şartlarının giderek daha zorlaşması sonucunda, hem ulusal hemde uluslararası platformlarda varlığını korumak ve kalıcı olabilmek için kaliteli üretim ve yönetim anlayışını benimsemelidir. Kaliteli üretim anlayışını da gerçekleştirmenin en önemli yollarından biri teknolojik gelişmeleri doğru ve üretimde kaliteyi arttırabilecek şekilde kullanıma sunabilmektir.

Son yıllarda yaygın kullanım alanı bulmuş renk ölçüm cihazları ve bilgisayarlı renk eşleştirme sistemleri doğru ve verimli olarak kullanıldığında tekstil endüstrisinde kaliteyi ve verimliliği arttıracak sistemlerden biri olacaktır.

Renk ölçüm cihazları özünde çok uzun yıllar boyunca insan gözü ile yapılan renk değerlendirme ve eşleştirme işlerinin standartlaştırılması için geliştirilmişlerdir. Bilindiği gibi renk göz vasıtasıyla algılanan sınırlar yoluyla beyne aktarılan bir duyumdur. Işık kaynağına , bakış açısına, ruhsal duruma ve daha bir çok etkene bağlı olduğundan sağlıklı bir renk değerlendirmesi yapılabilmesi için, renk algılanmasını etkileyen parametrelerin standartlaştırılması gerekmiştir.

Renk ölçümü için günümüzde kullanılan standartlar CIE tarafından geliştirilen ve en yaygın olarak kullanılan CIE Lab sistemi ve özellikle küçük renk farklılıklarının ölçümünde kullanılması için geliştirilen CMC sistemidir.

Renk farklılıklarını değerlendirmede en yaygın kullanılan parametre CIE Lab değerlerinden hesaplanan  $\Delta E$  değeridir.

Bilgisayar ile renk eşleştirmenin matematiksel temeli ise boyanmış yüzey üzerindeki boyarmadde konsantrasyonunun ölçümü için geliştirilmiş bir model olan Kubelka-Munk teorisidir.

Bu çalışmada hedef seçilen standart renkler için renk ölçüm cihazı kullanılarak seçilen boyarmaddeler ile bir reçete öngörülmüş ve renk ölçüm cihazı tarafından öngörülen boyama reçetesi ile hedeflenen standart renge yapılan boyama ile yaklaşım ölçütleri ilk aşamada incelenmiştir. Bilgisayar ile verilen reçeteler ile yapılan boyama çalışmaları sonucunda oluşturulan rengin, hedef renk ile aynı renk sayılabilmesi için gerekli olan  $\Delta E < 1.00$  sınırları içine çekilmesi için reçete düzeltme işlemleri yapılmış, bunlarında yetmediği durumlarda koloristik çalışmalar yapılarak seçilen boyarmaddeler ile yaklaşılabilecek en

küçük  $\Delta E$  değerine yaklaşılmaya çalışılmıştır. Hedef olarak seçilen standart renge yaklaşmak için yapılan boyamalardan sonra her iki renge ait reflektans spektrumları incelenmiştir. Aynı renk sayılabilmesi için  $\Delta E$  değerinin 1'den küçük olmasının yeterli olup olmadığı ve her iki rengin reflektans spektrumlarının  $\Delta E$  değerine nasıl yansıdığı araştırılmıştır.



## 2. TEKSTİL LİFLERİ

Tekstil ürünlerinin temel malzemesi tekstil lifleridir. Tekstil lifleri çeşitlerine göre dokuma, örme ve terbiye aşamalarında farklılık gösterirler.

Tekstil liflerini aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür ( Başer, 1992).

### I. DOĞAL LİFLER

#### □ Bitkisel Lifler

##### - *Bitki Tohumundan Elde Edilen Lifler*

- Pamuk
- Kapok

##### -*Bitki Gövdesinden Elde Edilen Lifler*

- Keten
- Kenevir
- Jut
- Rami

##### -*Bitki Yaprığından Elde Edilen Lifler*

- Sisal Kendiri
- Manila Keneviri
- Yeni Zelanda Keteni

#### □ Hayvansal Lifler

##### -*Kıl Kökenli Lifler*

- Yün
- Moher
- Kaşmir
- Angora
- Alpaka
- Deve Tüyü

##### -*Salgı Kökenli Lifler*

- İpek

#### □ Doğal Anorganik Lifler

- Asbest
- Amyant

## II. KİMYASAL Lifler

### □ Rejenere Elyaf

#### *-Rejenere Selülozik Lifler*

- Viskoz İpeği
- Bakır İpeği

#### *-Selüloz Esterleri*

- Asetat
- Triasetat

#### *-Rejenere Protein Lifleri*

- Vicara (Mısır)
- Ardil (Yer Fıstığı)
- Lanital (Süt Kazein)

#### *-Alginat Lifleri*

#### *-Kauçuk Lifleri*

### □ Sentetik Lifler

#### *- Poliolefin Lifleri*

- Polietilen Lifleri (Polithen)
- Polipropilen Lifleri (Meraklon)
- Politetrafluoraetilen Lifleri (Teflon)

#### *-Polivinil Lifleri*

- Akriklik lifleri (Orlon, Dralon, Acrilan, Creslan)
- Modakriklik Lifleri ( Dynel)
- Polivinilidenklorür Lifleri
- Polivinilklorür Lifleri
- Polivinilal Lifleri
- Polistiren Lifleri

#### *-Poliamid Lifleri (Nylon)*

#### *-Poliester lifleri (Terilen, Trevira9)*

#### *-Poliüretan Lifleri (Spandex, Lycra)*

## 2.1. Selülozik Lifler

Bu araştırmada kullanılan lifler pamuk ve viskon gibi selüloz elyaf olduğu için bu bölümde selülozik lifler ayrıntılı olarak verilecektir.

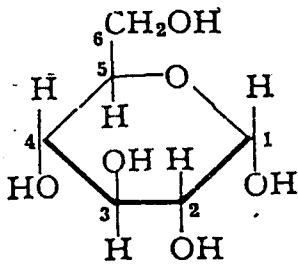
Selülozik lifler, elde edilmedeki kolaylığı, sağlıklı oluğu gibi nedenlerden dolayı tekstil üretiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Selüloz lifleri, doğal ve rejenere olmak üzere iki ana başlık altında incelemek mümkündür.

### 2.1.1. Doğal Selülozik Lifler

Selüloz genel formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$  olan bir polisakkarittir. Makromoleküler yapıdaki selüloz  $\beta$ -D glukoz yapı taşıının 1. ve 4. karbon atomları üzerinden oksijen köprüleri ile birbirine bağlanması sonucu oluşmuştur. Selüloz asidik ortamda hidrolize uğrar. Selülozun hidrolizi yüksek miktarda D-glukoz verir. Glukoz miktarı hidroliz şartlarına bağlıdır(Tarakçıoğlu,1979).

Selülozun ana yapı taşı olan glukoz 6 karbon atomu içeren bir monosakkarittir. Glukozun aşağıdaki formülünde görüleceği gibi 2, 3, 4 ve 5 numaralı atomlar asimetriktir. Bu durum optik aktivitesinin olmasını sağlar. Hidrojen ve hidroksil gruplarının farklı dizilişi ile 16 tip konfigürasyonu vardır. Bunlardan 8 tanesi diğerinin ayna görüntüsüdür. Bu durumdan dolayı bu bileşenler sondan bir önceki 6 nolu karbon atomundaki hidroksil grubunun durumuna göre D ve L izomer olarak gruplandırılırlar ( Peters,1963).



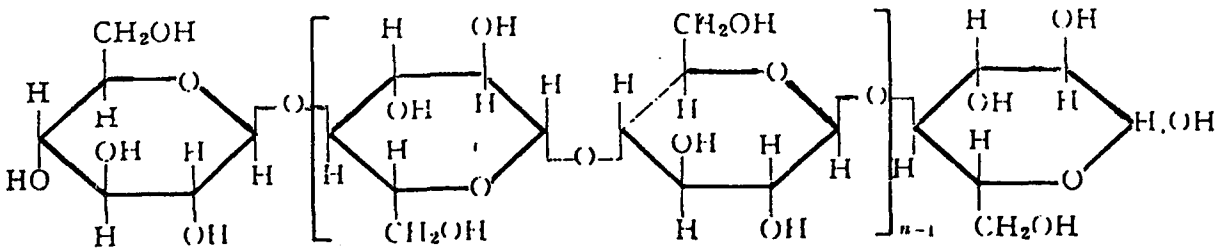
şekil 2.1 Glukozun moleküler yapısı (Peters, 1963)

Selüloz molekülünü oluşturan Glukoz molekülleri birbirine (n) defa bağlanarak selülozu oluştururlar. Selüloz yapı taşı glukoz olan bazı maddelerden kimyasal yapısındaki farklılık nedeni ile ayrılmaktadır. Örneğin nişastada hidroksil gruplarının molekülün aynı tarafında olması nişastayı suda çözünür yapmaktadır. Selülozun molekül ağırlığı yaklaşık olarak 10 000 g/mol'dür. Selüloz kimyasal yapısı ve molekül ağırlığı gibi bazı nedenlerden dolayı parçalanmadan suda çözünmemektedir.

Selüloz molekülünün yapısı birçok bilimsel çalışmalar sonucunda aydınlatılmıştır. 1926'da Haworth şekerlerin halkalı yapıda olduklarını 1. ve 5. karbon atomları arasında oksijen atomu köprüsünün bulunduğunu göstermiştir. Bu halka sistemine Piran halkasına benzemesinden dolayı piranos sistemi denilmiştir(Özcan, 1978 ).

Selüloz makromolekülünü oluşturan  $\beta$ -D glukoz yapı taşları tek başlarına bulduklarında 1. karbon atomundaki aldehit grubu, 5. karbon atomundaki aldehit grubuyla bir iç yarı asetal oluşturacak şekilde dengede bulunmaktadır. Bu nedenle glukozun indirgen özelliği vardır.

Selüloz makromoleküllerinde ise glukoz yapı taşları 1. ve 4. karbon atomları üzerinden birbirlerine bağlandığından yarı asetal bağ durumu geri dönüşsüz olarak asetal bağ durumuna geçerler. Asetal bağ oluşumu nedeniyle selüloz glukozdan farklı olarak indirgen değildir. Bu durum selüloz liflerinin kimyasal özellikleri bakımından çok önemli bir sonuç doğurmaktadır. Selüloz molekülünün kimyasal yapısı şekil 2.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2** Selülozun Kimyasal Yapısı

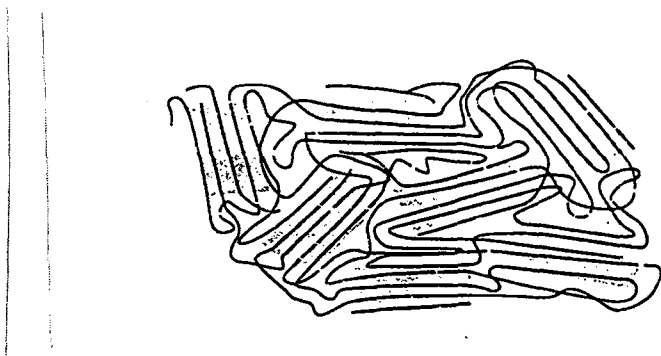
Selüloz lifleri, bütün asetal bileşikler gibi bazlara karşı oldukça dayanıklı, fakat asitlere karşı dayanıksızdırlar. Asitlerin etkisiyle hidrolize uğrayan asetal bağları kopar ve makromoleküller parçalanır (Tarakçıoğlu, 1979).

Selüloz makro moleküllerindeki herbir glukoz yapı taşında üçer adet serbest OH grubu bulunduğu düşünülürse selüloz makromoleküllerinin lif içerisinde tek başlarına bulunmayıp H- köprüleri ile birbirine bağlı bulunacakları ortaya çıkar (Tarakçıoğlu,1979).

Selüloz makromolekülleri lif içerisinde her yerde aynı sıklıkta ve düzgünlükte yerleşmemektedir. Hemen hemen bütün doğal ve sentetik liflerde var olan bu farklı yerleşme nedeniyle liflerin içinde makromoleküllerin sık ve düzgün durumda olduğu “kristalin” bölgelerle makromoleküllerin az ve düzgün yerleşmediği “amorftan” bölgeler ortaya çıkmaktadır (Tarakçıoğlu, 1979).

Elyaf yapısını iki fazlı model ile ifade etmek mümkündür. Kristalin ve kristalin olmayan bölge olarak tabir edilen iki fazlı model bazı durumlar dışında oldukça geçerlidir.

“Fringed misel” model (şekil 2.3) en eski ve bugün bile geçerliliğini koruyan, yönlendirilmemiş polimerler için geçerli bir modeldir. Çoğunlukla tekstil ve endüstri lifleri yüksek derecede yönlendirilmiş olduklarından “fringed fibril” (şekil 2.4) model geliştirilmiştir. Fibriller arası kuvvetler oldukça zayıf olduğundan yönlendirilmiş fibrillerde kırılmalar görülebilir (Warner,1995).



**Şekil 2.3** Saçaklı misel (Fringed misel) model (Warner, 1995)

Selüloz doğada saf halde bulunmaz. Odunda % 40 – 50 , pamukta %90 oranında bulunur. (Peters,1963)

Doğal selülozik lifler içinde hiç şüphesiz en büyük öneme sahip olan elyaf pamuktur. Pamuk lifi, pamuk bitkisinin tohumlarından toplanan tek hücreli bir lifdir. Bir pamuk hücresi şu kısımlardan meydana gelmektedir.

**Kütikül tabakası:** En dışta bulunan ve lifi koruyan çok ince bir çeperdir. Gerçek bileşeni bilinmemesine rağmen vaks ve pektinden oluştuğu varsayılmaktadır.

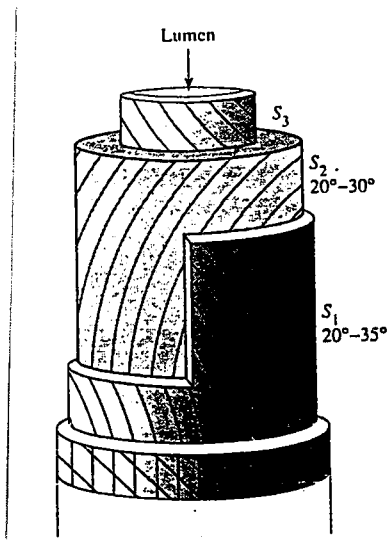
**Birinci çeper:** Selüloz, pektin ve mumlardan oluşan ince bir tabakadır.

**İkinci çeper:** Pamuk liflerinin esasını oluşturan bu çeperin %95'ini selüloz teşkil etmektedir.

**Üçüncü çeper:** Yalnız olgun liflerde görülen bu çok ince çeper ikici çeperin hücre kanalına bağlanışını sağlamaktadır.

**Lümen:** Olgun liflerde büzülmüş halde bulunan bu kanalda protoplazma artıkları mevcuttur.

Pamuktaki selüloz molekülleri diğer bitkilerde olduğu gibi spiral şeklinde dizilmiştir. Şekil 2.6'da pamuk lifinin moleküler komformasyonu ve tabakaları gösterilmektedir. Selüloz molekülleri oldukça kristal polimerler olabilirler. Pamukta kristal bölge oranı %60-100'dır. Keten, kenevir, rami gibi diğer selüloz liflerinin selüloz oranı ve helix açıları pamuktan daha düşüktür. Helix açılarının pamuktan daha düşük olması bu lifleri pamuğa göre daha sert ve kırılğan yapmaktadır (Warner, 1995).



**Şekil 2.6** Pamuk elyafın moleküler dizilişi ve tabakalarının görünümü (Warner, 1995)

Pamuk içerdği yağ, mum, pektin, hemiselüloz ve proteinler gibi yabancı maddelerden dolayı ön işlem yapılmadan boyanamamaktadır. Ön işlemler arasında en önemlileri; pişirme , kasar, ve merserizasyon gibi bazik ön işlemlerdir.

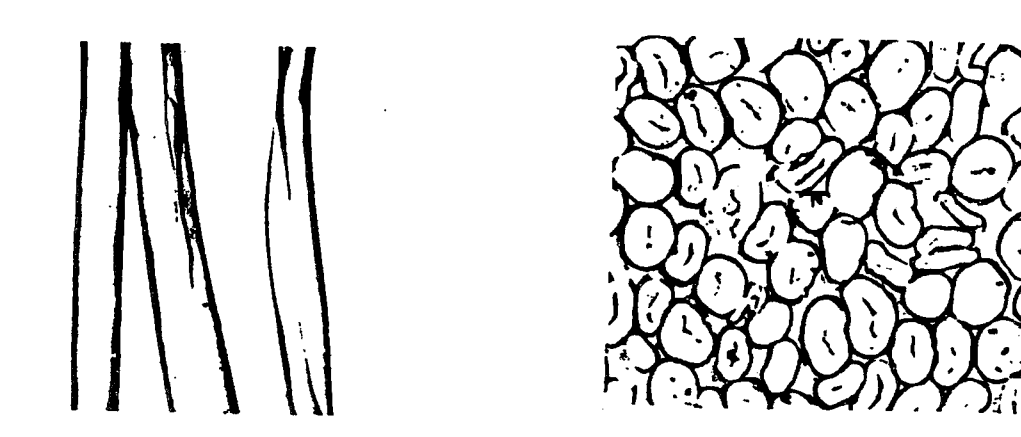
Bu işlemler yoluyla pamuktaki bir takım yabancı maddeler ekstraksiyon yoluyla uzaklaştırılırken pamuk hücrelerinin yapısı da değişmektedir. Şekil 2.7 ile merserize olmamış, Şekil 2.8 ile merserize olmuş pamuğun mikroskop görüntüleri verilmiştir.



Boyuna görünüş x 500

Enine görünüş x 500

Şekil 2.7 Merserize olmamış Pamuğun boyuna ve enine mikroskop görüntüleri (AATCC)



Boyuna görünüş x 500

Enine görünüş x 500

Şekil 2.8 Merserize olmuş pamuğun boyuna ve enine mikroskop görüntüleri (AATCC)

### 2.1.2. Rejenere Selülozik Elyaf

Rejenere selüloz lifleri olarak adlandırılan lifler doğada lif halinde bulunmazlar Hammadde olarak doğada bulunan ve selüloz içeren çeşitli maddeler bir takım kimyasal işlemlerden geçirilerek bu lifleri oluştururlar.

Rejenere lif eldesinin özü, lif oluşturma özelliğine sahip polimer maddeyi, ya uygun bir çözücüde çözerek, yada erime noktalarının üzerindeki sıcaklıklara kadar ısıtılmasıyla elde edilen uygun akışkanlıktaki çözelti veya eriyiği düzelerden geçirilmesiyle lif elde etme esasına dayanır. Lif çekme donatımının bundan sonraki kısmında düzelerden ince lifler halinde akan polimer maddenin çözülme veya erime durumuna son verilerek katılaşması sağlanır. (Tarakçıoğlu,1979)

Sentetik lif çekimi prensip olarak ikiye ayrılır.

#### I. Eriyiklerden lif çekme

Erime noktaları çok yüksek olmayan 300 °C sıcaklığın altındaki ve eritildiklerinde makromolekülleri parçalanmayan veya herhangi bir değişikliğe uğramayan maddelerden lif çekiminde uygulanan bir yöntemdir.

#### II. Çözeltilerden lif çekme

Uygun bir çözücü içerisinde makromolekülleri parçalanmadan çözünebilen polimer maddelerden lif çekiminde uygulanan bu yöntem, rejenere selüloz liflerinin ve kısmen poliakrilonitril liflerinin çekiminde uygulanır.

Çözeltilerden lif çekilirken düzelerden ince lifler halinde akan çözeltideki polimer maddenin çözünme durumuna son verilerek katılaşmasının sağlanması iki farklı şekilde yapılmaktadır.

##### A. Kuru lif çekme

Bu yöntemde liflerin katılaşması, lifi oluşturacak polimer maddenin çözeltisindeki çözücüyü buharlaştırarak sağlanmaktadır

##### B. Yaş lif çekme

Bu yöntem ile düzelerden geçen polimer madde çözeltisi, sıvılarla (lif çöktürme banyosu) temas haline getirilmektedir. Bu sıvılar liflerin koagülasyonunu sağlamaktadır. Burada çözelti halindeki lifler ile sıvı arasında bir kütle iletimi meydana gelmektedir. Difüzyon ve osmotik olayların rol oynadığı madde iletimi, genellikle lif çözeltisinin çözücüsünü

vermesi şeklinde olmaktadır. Böylece konsantrasyon yükseleceğinden lifler koagülasyona başlayacaktır. Lif çözeltisiyle sıvının teması sırasında koagülasyon olayının yanında kimyasal tepkimeler de olmaktadır (Tarakçıoğlu,1979)

### 2.1.2.1. Rejenere Selüloz Liflerinin Eldesi

Rejenere selüloz liflerinin eldesinde hammadde olarak kullanılan selüloz maddesi doğada istenilen saflıkta bulunmamaktadır. Bu yüzden doğada bulunan ve yeterince selüloz içeren odun ve bitkiler önce bir saflaştırma işleminden geçirilerek selüloz maddesi elde edilmektedir.

Rejenere selüloz lifi eldesinde kullanılan hammadde kaynakları şunlardır.

- a) **Linterler** : Kısa pamuk liflerinden oluşan bu pamuk artıkları iyi cins rejenere selüloz eldesinde kullanılmaktadır.
- b) **Ağaçlar** : Özellikle kuzey ülkelerinde yetişen kızıl çam cinsinden iğne yapraklı ağaçların, kayın ağacının daha az miktarda kavak ve özel çamlar gibi ağaçların odunları kullanılmaktadır.
- c) **Saman** : Saman, ay çiçeği bitkisi sapları, keten eldesi sırasında sapın odundan ayrılan parçaları gibi bitkisel artıklardan da selüloz elde edilmektedir. Daha ziyade düşük kalite kağıt eldesinde kullanılan bu maddeler bazı özel işlemler sonucunda rejenere selüloz lifi eldesinde kullanılmaktadır.

### Rejenere Selüloz Lifi Eldesi Yöntemleri

İlk rejenere selüloz lifi eldesi için ilk üretim ünitesi 1891 yılında Chardonnet tarafından kurulmuştur. Bakır İpeği üretiminin temel prosesi 1890 yılında patent almış ve viskoz ipeği prosesi 1892'de bulunmuştur. Viskoz ipeğinin ticari üretimi A.B.D.'de 1910'da, nitroselüloz ipeği 1920'de, selüloz asetat 1924'de başlamıştır. Bugün için en fazla uygulanan yöntem viskoz yöntemidir. Dünyada üretilen rejenere selüloz liflerinin %80-90'ı hala viskoz ipeği yöntemine göre elde edilmektedir. Bakır ipeği yöntemi de azda olsa hala uygulama olanağı bulmaktadır. (Shreve,1985).

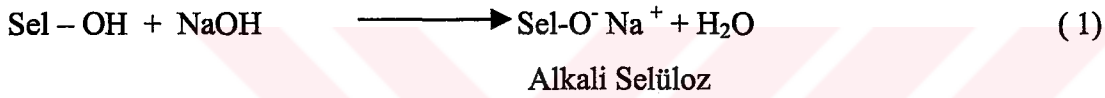
Rejenere selüloz liflerinin eldesindeki en önemli proses olan viskoz ipeği yöntemi ile bakır ipeği yöntemi ayrıca ele alınacaktır.

### Viskoz İpeği Üretimi :

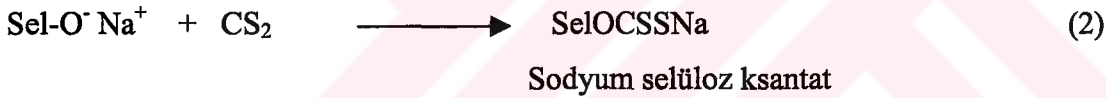
En fazla uygulama alanı bulan bu yöntem,  $\alpha$ -selüloz oranı yüksek doğal maddelerin sud kostik ile muamelesi sonucu oluşan sodyum selülozun karbon sülfür ile muamele edilerek selüloz ksantat haline dönüştürmeye dayanmaktadır. Selüloz ksantat seyreltik sud kostik çözeltisi içerisinde çözünebilmekte olup, bu şekilde elde edilen çözeltinin düzelerden geçirildikten sonra asitli bir banyoya sokulmasıyla, çözünme sona ermekte (koagülasyon), yani rejenere lifler oluşmaktadır.

Viskoz yöntemi aşağıdaki aşamalardan geçerek gerçekleşmektedir. (Peters,1963).

#### □ *Alkali selüloz oluşumu*



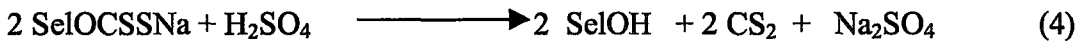
#### □ *Selüloz ksantat oluşumu*



#### □ *Viskoz çözeltisinin hazırlanması*



#### □ *Lif çöktürme prosesi*



Normal viskoz liflerinin en önemli eksikliği kopma dayanımlarının düşük olmasının yanında , bu dayanımın lifler ıslanınca iyice düşmesidir. Yaş kopma dayanımları kuru kopma dayanımlarının %55 – 65'i kadar olmaktadır. Bu nedenle kuru dayanımları normal viskoz liflerine oranla çok daha yüksek olmayan, fakat yaş dayanımları yüksek olan özel viskoz lifleri üretimi gittikçe önem kazanmaktadır. Ayrıca bu lifler ıslanınca

normal viskoz liflerinden yapılmış kumaşlara nazaran çok daha az çekmektedirler (Tarakçıoğlu,1979).

Bakır İpeği (Kupromonyum) Üretimi :

Bakır ipeği üretiminin esası selüloz hamurunun cupritetramin hidroksit (cuoxam) içerisinde çözerek hazırlanan çözeltiyi düzelerden geçirdikten sonra suyla ve seyreltik asit ile temasa getirerek çözünme durumuna son vermektir. Bu yöntemle elde edilen liflerin yaş dayanımları normal viskoz liflerinden daha iyidir. Fakat son yıllarda geliştirilen modal lifleri ve tam yapay lifler nedeniyle bakır yöntemi de artık önemini kaybetmeye başlamıştır (Tarakçıoğlu,1979 ve Peters 1963).

Rejenere selüloz lifleri, elde edilmiş yöntemlerine göre viskoz ipeği lifleri, bakır ipeği lifleri, yüksek dayanımlı viskoz lifleri (super cord rayon), modal lifleri diye kendi aralarında farklılıklar gösterdikleri gibi, bulunuş durumları ve incelikleri bakımından da çok farklı olabilirler.

Kesiksiz lif şeklinde kullanılan rejenere selüloz liflerine “rayon” kesikli lif halinde bulunanlara ise “viskon” denir.

**Çizelge2.1** Selüloz maddesi ve çeşitli rejenere selüloz lif tiplerini oluşturan selüloz makromoleküllerinin ortalama polimerizasyon dereceleri.

Selüloz/Rejenere Selüloz Türleri	Polimerizasyon Derecesi (Viskozimetrik olarak ölçülen değerler)
Normal Selüloz Maddesi	600 - 1000
Yüksek Nitelikte Selüloz Maddesi	1700 - 1750
Linterler (Ağartılmış)	1600 - 1800
Normal Viskoz Lifleri	250 - 350
Özel Viskoz Lifleri	450 - 800
Bakır Lifleri	500 - 600

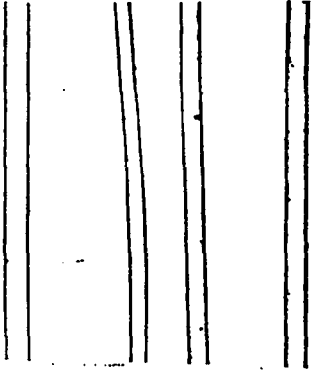
Normal rejenere selüloz liflerini oluşturan selüloz makromoleküllerinin ortalama polimerizasyon derecelerinin düşük olmasının önemli bir sonucu da bu liflerin yaş dayanımlarının kuru dayanımlara göre çok daha düşük çıkmasıdır.

Normal rejenere selüloz liflerini doğal selüloz liflerinden ayıran ikinci önemli özellik moleküler üst yapının farklı oluşudur.

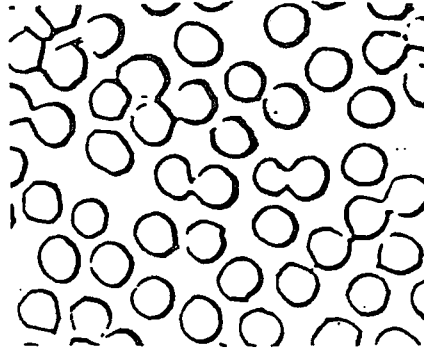
Rejenere selüloz liflerinin zaten kısa olan selüloz makromolekülleri lif içerisinde pek düzgün yerleşmemektedir. Dolayısıyla bu liflerin büyük bir kısmını (%60-65) amorf bölgeler oluşturmaktadır. Böylelikle su ve sulu çözeltilerin liflere etkisi kolay ve fazladır. Pamuk lifleri ıslanınca 30 % civarında bir kesit artışı gösterirken viskoz liflerindeki kesit artışı 50%'nin üzerinde olup bu oran 95 %'e kadar çıkabilmektedir. Amorf bölgelerin bu kadar fazla olmasına rağmen, normal viskoz ipeği liflerinin sulu çözeltileri çok hızlı bir şekilde almamasının, örneğin çok hızlı bir şekilde boyanmamasının nedeni liflerin dış kısmında makromoleküllerin daha sıkı ve düzgün bulunduğu bir tabakanın olmasıdır.

Rejenere selüloz liflerine su ve kimyasal madde etkisi doğal selüloz liflerine benzemektedir. Yalnız bu liflerin makromolekülleri daha kısa, amorf bölgeleri daha fazla olduğundan, etkilerinde bir takım farklılıklar vardır.

Su molekülleri bu liflerde de liflerin içerisine girmeyip amorf bölgedeki ve kristalitlerin dış yüzeyindeki selüloz makromoleküllerinin hidroksil gruplarına dipol çekim kuvvetleri ve H köprüleri üzerinden bağlanmaktadırlar. Rejenere selüloz liflerinde suyun nüfuz edebileceği amorf bölgeler fazla olduğundan, bu liflerin kesit şişmesi daha fazla olmaktadır. Rejenere selüloz liflerin üretimindeki ek kimyasal ve fiziksel prosesler onun fiziksel yapısını oldukça değiştirmektedir. Aşağıdaki şekillerde bazı rejenere selüloz liflerinin mikroskopik fotoğrafları yer almaktadır (Tarakçıoğlu, 1979 ve Warners 1995).

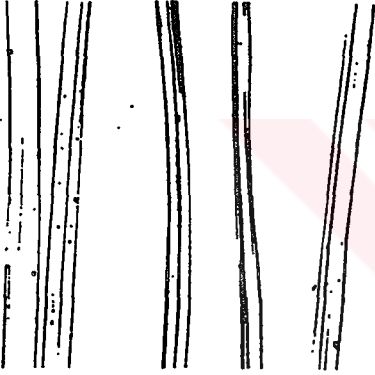


Boyuna görünüş x 250

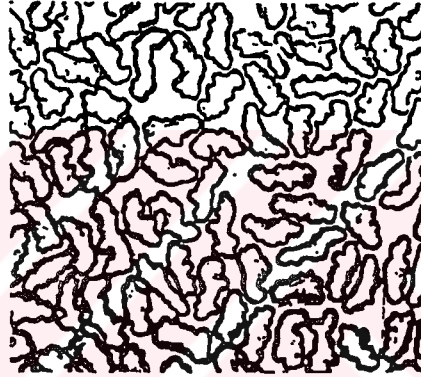


Enine görünüş x 250

**Şekil 2. 9** Rejenere Bakır İpeği , 0.14 tex filamentin mikroskop görüntüsü (AATCC).



Boyuna görünüş x 250

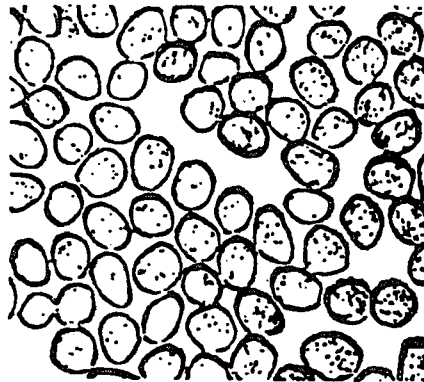


Enine görünüş x 250

**Şekil 2.10** Rejenere Viskoz İpeği, 017 tex parlak elyafın mikroskop görüntüsü (AATCC).



Boyuna görünüş x 250



Enine görünüş x 250

**Şekil 2.11** Rejenere Viskoz

### 3. REAKTİF BOYARMADELER

Reaktif boyarmaddeler, doğal liflerin özellikle pamuk, keten, rejenere selüloz,yün ve ipek lifler ile selüloz içeren karışımların boyanmasında ve baskısında büyük önem taşıyan boyarmadde sınıfıdır.

Geniş renk skalasına sahip olmaları, renk derinlikleri, mükemmel renk haslıkları ve günümüz ekipmanlarında uygulanabilmelerindeki kolaylık bu derece önem kazanmalarındaki en önemli nedenlerdir. Bu boyarmadde sınıfının “reaktif” ismini almasının sebebi, doğal ve bazı kimyasal yapıları liflerdeki fonksiyonel gruplarla kuvvetli kovalent bağ oluşturan -Cl, -F, -SO<sub>2</sub> ve -CH=CH<sub>2</sub> gibi atom veya atom gruplarını içermesidir. Kovalent bağ sayesinde reaktif boyarmaddeler, diğer boyarmaddelerin liflerle tuz, hidrojen, Van-der-Waals bağları ve diğer çekim güçleriyle oluşturduğu bağlara nazaran yaş işlemlere karşı daha dayanıklı bağ oluşturmaktadır. (Ciyanbekov, 1996 ve Özcan 1978)

İlk reaktif boyarmadde Supramin Orange R 1930 yılında üretilmiştir. Bu boyarmadde kloroasetil reaktif grubunu içeriyordu ve yündeki keratinin fonksiyonel grupları ile tepkime veriyordu. Ancak o zamanlar lif ile boyarmadde arasındaki reaksiyon tespit edilememiştir. İlk reaktif boyarmaddeleri, 1956'da diklorotriazin içeren Procion MX , 1957'de Vinilsülfol (Sülfoetilsülfol) içeren Remazol, 1960'da triklorprimidin içeren Cibacron T, Drimaren X, Drimaren Z, Remazol, 1968'de bifonksiyonel (MCT+MCT) Procion HE ve Cibacron E, 1970'de difloromonoklorprimidin içeren Levafix E ve Drimaren K adları altında geliştirilmişlerdir (Üzmez,1995).

Günümüzde ticari olarak bulunan önemli reaktif boyarmadde grupları üretim tarihleri, üretici firmalar ve kullanım sahaları çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1** Önemli Reaktif Boyarmadde Grupları (Kanık, 1988)

REAKTİF GRUP İSMİ	REAKTİF GRUP YAPISI	İMALAT YILI	TİCARİ İSMİ&ÜRETİCİ FİRMA	UYGULAMA ALANI
Vinilsülfon (VS)		1957	Sumifix (Sumitoma) Remazol (Hoechts) Celmazol (Mitsui) Diamira (Mitsubishi)	Çektirme, Emdirme, Baskı
Diklortriazin (DCT)		1956	Procion MX (ICI) Basilen M (BASF) Mikacion (Kayaku)	Emdirme
Monoklortriazin (MCT)		1957	Procion H (ICI) Cibacron (Ciba-G.) Drimaren P (Sandoz) Basilen E,P (BASF) Kayacion P,A,E (Kayaku) ProcionH-EXL(BASF)	Çektirme , Emdirme, Baskı
Monoflortriazin (MFT)		1978	Cibacron F (Ciba-G.) Levafix EN (Bayer)	Emdirme
Triklorprimidin (TCP)		1960	Cibacron T(Ciba-G.) Drimaren X (Sandoz) Drimaren Z (Sandoz)	Emdirme, Sürekli Boyama, Baskı
Diflormonoklorprimidine (DFMCP)		1970	Drimaren K (Sandoz) Drimaren R (Sandoz) Levafix E-A (Bayer) Levafix P-A (Bayer)	Emdirme, Çektirme, Baskı
Flormetilklorprimidine (FMCP)		1980	Levafix PN (Bayer)	Sürekli Boyama, Baskı
Diklorkinoksalin (DCO)		1961	Levafix E (Bayer)	Emdirme
Bifonksiyonel (MCT+MCT)		1968	Procion HE (ICI) Cibacron E (Ciba-G.)	Çektirme
Bifonksiyonel (VS+MCT)		1980	Sumifix Supra (Sumitomo)	Emdirme, Çektirme, Baskı

### 3.1 Reaktif Boyarmaddelerin Sınıflandırılması

Reaktif boyarmaddelerin sınıflandırılması genel olarak aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

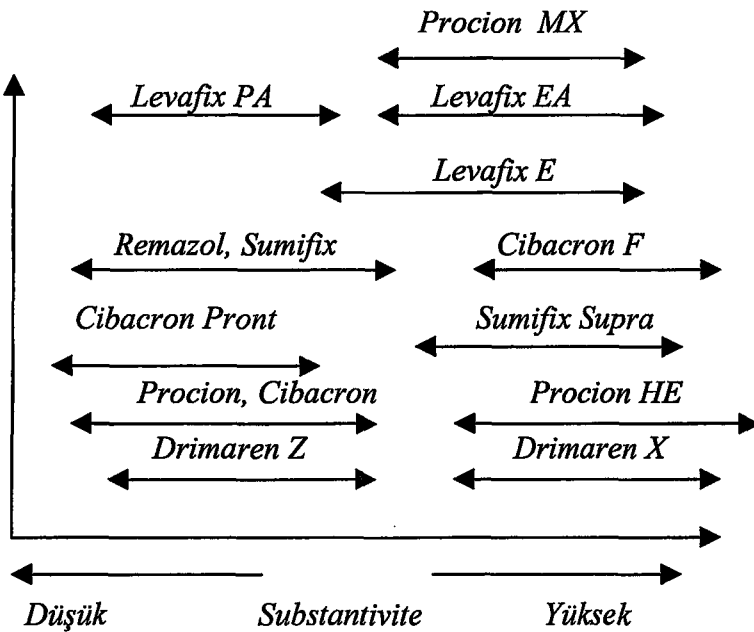
- Substantifliğine göre sınıflandırma
- Kromofor gruplarına göre sınıflandırma
- Reaktivitesine göre sınıflandırma

#### 3.1.1 Substantifliğine göre sınıflandırma

Reaktif boyarmaddeler genellikle düşük substantiviteye (lifler tarafından flotteden alınma kabiliyetine) sahiptirler. Substantifliğin reaktivlikle ilgisi yoktur. Aynı reaktif gruba sahip çok farklı substantiflikte olan boyarmaddeler mevcuttur. Reaktif boyarmaddenin liflere olan substantifliği aşağıda belirtilen faktörlere bağlıdır (Tarakçıoğlu, 1982 ).

- Boyarmadde molekülünün yapısı
- Selüloz lifinin cinsi
- Banyo oranı ve boyarmadde konsantrasyonu
- Banyo sıcaklığı
- Banyo pH'ı
- Elektrolit (tuz) miktarı.

Çektirme yönteminde boyama yapılırken elektrolit ilavesi yapılması gerekmektedir. Ancak substantivitenin düşük olması, mamul üzerindeki hidrolize uğramış boyarmadde molekülünü uzaklaştırma işlemini kolaylaştırmaktadır. Şekil 2.1'de önemli reaktif boyarmaddelerin bağıl substantiflikleri görülmektedir (Sumitoma, 1987).



Şekil 3.1 Önemli reaktif boyarmadde gruplarının bağıl substantiflikleri ( Sumitoma 1987 )

Bilindiği gibi reaktif boyarmaddelerin lifle reaksiyona girebilmesi için boyarmaddenin reaktif grubunun lifin fonksiyonel gruplarıyla yakın mesafede olması gerekmektedir. Bu yakınlığın sağlanmasında boyarmaddenin difüzyon yeteneği önemli rol oynamaktadır. Boyarmadde yapısı, life karşı affinitesi, kullanma şartları (sıcaklık, boyama bayosundaki elektrolit konsantrasyonu) ve lifin yapısı da difüzyon üzerine büyük etki etmektedir. Difüzyon yeteneği arttıkça lifin aktif merkezlerine boyarmadde yayılmasında artar. Öte yandan yüksek difüzyon hızı, hidrolize uğrayan ve reaksiyona katılamayan boyarmaddelerin desorbe olmasını sağlar. Gözlemlere göre, difüzyon ile life olan affinite arasında bir ilişki mevcuttur. Affinite yükseldikçe difüzyon düşmekte ve tam aksine affinite düştükçe difüzyon yükselmektedir (Cıyanbekov, 1996 )

### 3.1.2 Kromofor gruplarına göre sınıflandırma

Reaktif boyarmaddelerde kromofor grubu olarak , azo, antrakinon ve ftalosiyanın türevleri kullanılmaktadır.

#### □ Azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler

Kromofor yapılarında azo ( - N=N- ) grubu bulunduran boyarmaddeler olup reaktif boyarmaddelerin büyük çoğunluğu bu gruba dahildir. Küpe ve kükürt boyarmaddeleri dışında, diğer tüm boyama yöntemlerinde kullanılan boyarmaddelerin yapısında azo grubuna rastlanır. Alifatik grup içeren azo boyarmaddelerinin renk şiddetleri düşüktür. Renk tonları geniş bir spektruma sahiptir (Başer ve İnanıcı, 1990).

#### □ Antrakinon grubuna sahip reaktif boyarmaddeler

Kromofor yapılarında antrakinon grubu bulundurulur ve iki farklı reaktif gruba sahiptirler. Antrakinon hafif sarı renklidir. Absorbsiyon bandı, uzak UV'den görünür alana doğru uzanır. (Başer ve İnanıcı, 1990).

#### □ Ftalosiyanın grubuna sahip reaktif boyarmaddeler

Moleküler yapılarında kromofor olarak ftalosiyanın grubu bulunduran reaktif boyarmaddelerdir. Ftalosiyanınların hemen hemen %90 kadarı pigment boyarmadde olarak kullanılır. Parlak mavi tonları, yüksek renk verici özellikleri, asid, baz, indirgen yükseltgen ve organik çözücülere karşı dayanıklılığı ile ışık ve ısıya karşı haslıkları nedeniyle tercih edilirler. (Başer ve İnanıcı, 1990).

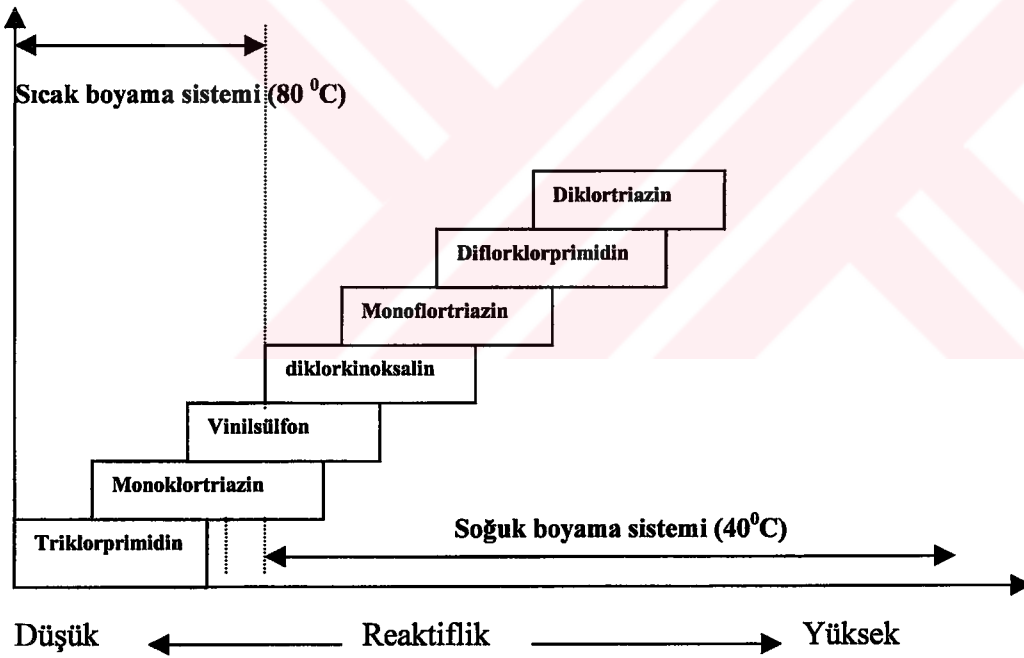
- Metal-kompleks azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler

Kromofor yapılarında metal-kompleks azo grubu bulunduran reaktif boyarmaddelerdir. Metal - kompleks azo grubunun ışık enerjisine karşı duyarlılığını artırmaktadır (Başer ve İnancı, 1990 ).

### 3.1.3 Reaktivitesine göre sınıflandırma

Patent literatürlerinde 300'den fazla reaktif grup tarif edilmiştir. Bunlardan 100'e yakını triazin türevidir, ama sanayideki üretimde 20-25 reaktif grup (yaklaşık 10'u triazin türevi) kullanılmaktadır. Selüloz liflerinin boyanmasında özellikle klortriazin, florklorprimidin ve vinilsülfon türevi içeren boyarmaddeler kullanım alanı bulmuşlardır.

Aşağıda şekil 3.2 ile bazı boyarmaddelerin reaktivlik dereceleri belirtilmiştir.



Şekil 3.2 Selüloz liflerini boyayan reaktif boyarmaddeler (Wersch, 1996)

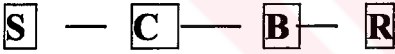
- Soğukta boyayan reaktif boyarmaddeler : Diklortriazin, Diflormonoklorprimidine, Monoflortriazine, Diklorokinoksalin ve Vünilsülfon reaktif grup içeren boyarmaddeleridir. Ancak vinilsülfon reaktif grup içeren boyarmaddeler sıcak ve soğuk grup arasında geçiş grubu olarak da kabul edilmektedir.

- Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddeler : Monoklortriazin, Triklorprimidin ve Florklormetilprimidin gibi reaktif boyarmaddeler bu grubun önemli boyarmaddeleridir.

### 3.2 Reaktif Boyarmaddelerin Özellikleri

Reaktif boyarmaddeler tekstil elyafı ile kovalent bağ oluşturmak üzere reaksiyon veren boyarmaddelerdir. Yapılarında bulunan reaktif grup selüloz, yün, ipek, polyamid gibi elyaf türleri ile reaksiyon verebildiğinden bu elyaf sınıfları için boyarmadde olarak kullanılabilir (Başer ve İnanıcı, 1990).

Bütün reaktif boyarmaddelerde ortak olan özellik, hepsinin kromofor taşıyan renkli bir grup yanında reaktif ve moleküle çözünürlük sağlayan bir grup içermesidir (Özcan, 1978 ). Bir reaktif boyarmaddenin yapısı aşağıda şematik olarak gösterilmiştir.



- **(S) Suda Çözünür Gruplar :** Selüloz ve protein elyafı boyayabilen reaktif boyarmaddelerde - SO<sub>3</sub>Na ve - SO<sub>3</sub>H-COOH grupları bulunur.
- **(C) Moleküle Renk Veren Gruplar:** Reaktif boyarmaddenin molekülünde, renk verici grup (Kromofor Grup) olarak bir çok kimyasal sınıfa rastlamak mümkündür. Ancak genelleme yapmak gerektiğinde sarı, turuncu ve kırmızı boyarmaddelerin basit monoazo yapısında, mor, koyu kırmızı ve lacivert renklerin bakırlı mono ve disazo yapısında, parlak ve açık mavi renklerin ise antrakinon ve ftalosiyenin yapısında olduğu söylenebilir. Kromofor sistemin yapısı genellikle boyarmaddenin rengi, rengin ışığa dayanıklılığı, boyarmaddenin life olan ilgisi, suda çözünürlüğü ve difüzyonu gibi niteliklerini belirler.
- **(R) Reaktif Gruplar:** Elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturan gruptur. Reaktif grup ile reaksiyon verebilecek fonksiyonel gruplar, selülozda hidroksil, yün ve ipekte ise amino, karboksil, hidroksil ve tiyoalkol gruplarıdır. Bütün bu gruplar nükleofilik karakterdedirler. Bu nedenle reaktif grubun yapısındaki elektrofilik merkeze katılırlar. Boyamanın yapıldığı ortamda suda mevcut olduğundan sudaki hidroksit iyonları

da reaktif grup ile reaksiyon verebilirler. Bu olay boyarmaddenin hidrolizi anlamına gelir. Hidroliz olmuş boyarmadde lif ile reaksiyona girmez. Reaktif grubun yapısı ise boyarmaddenin reaksiyon kabiliyetini, boyarmadde lif bağını ve boyama banyosu ve baskı patındaki dayanıklılığını belirler ( Allen,1971 ; Başer ve İnancı, 1990 ; Sumitoma 1987).

□ **(B) Köprü Bağları :** Moleküldeki renkli grup ile reaktif grubu birbirine bağlayan -NH- , -CO- , -SO<sub>2</sub>- gibi gruplardır. Bunların köprü görevi görmekten başka etkileride vardır. Örneğin reaktif grubun reaktivitesi üzerine etki ederler. Ayrıca köprü bağlarının önemli bir özelliği boyarmadde ile elyaf bağının ayrılmasını önlemesidir (Başer ve İnancı,1990) .

### 3.3 Reaktif boyarmaddelerin Boyama Mekanizması

Reaktif boyarmaddenin yapısında yer alan reaktif grup, boyarmadde ile lif arasında meydana gelecek boyama prosesinin yöntem ve şartlarını belirler. Reaktif boyarmaddelerin boyama mekanizması aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Adsorbsiyon

Boyannın kullanılacak malzeme üzerine adsorbsiyonu boyarmaddenin substantivitesi tarafından kontrol edilir. Bu kromofor yapısına , elektrolit konsantrasyonuna ve boyama sıcaklığına bağlıdır.

- Difüzyon

Tekstil malzemesi üzerine boyarmaddenin difüzyonu sıcaklığa, malzemenin ve boyanın kimyasal ve fiziksel yapısına bağlıdır.

- Fiksasyon

Boyarmaddenin reaktivitesi boyarmaddenin tekstil malzemesi ile olan reaksiyonunda oldukça önemlidir. Boyannın reaktivitesi sıcaklık ve pH yükselmesi ile yükselir (Uygur ve Hall, 1996).

Genellikle reaktif boyarmaddelerle yapılan boyama işlemleri bazik ortamlarda gerçekleşmektedir. Boyamanın bazik ortamda yapılmasının sebebi; Selülozun nükleofilik karakterinin artması ve ayrıca ortamdaki bazın, klor yerdeğiştirmeli halkaları reaktif grup olarak ihtiva eden bu boyarmaddelerin liflerle reaksiyonu esnasında açığa çıkan HCl'i nötrleştirerek bunların liflere zarar vermesini engellemesidir.  $\beta$  - Sülfoetilsülfon grup

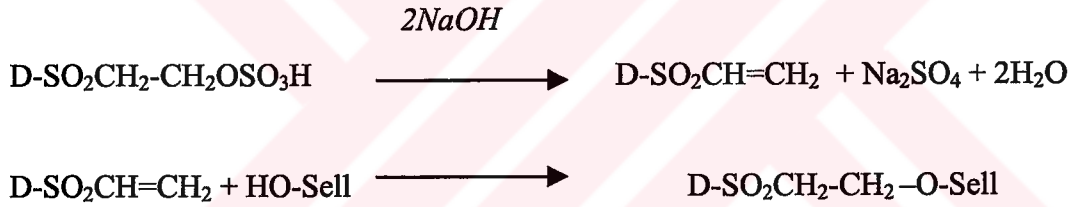


daha çok üretilmiştir. Elektronegatiflik veya elektronları kendine çekebilme kabiliyetine göre halojenler; F, Cl, Br, I şeklinde sıralanmıştır.

Flor atomunun reaktif grup olarak kullanılması, boyarmaddenin reaksiyon kabiliyetini artırır. Ancak Flor türevli bileşiklerin hidrolize karşı hassasiyeti de artacaktır. Buna karşılık Br ve I atomlarını kullanmak, boyarmaddenin life karşı kabiliyetini azaltmaktadır (Özcan, 1978; Cıyanbekov, 1996 ; Uygur ve Hall, 1996).

#### ▪ Nükleofilik Adisyon Reaksiyonu

Bünyesinde vinilsülfon, akrilamid, alkilsülfonamid ve karbonazid gruplarını ihtiva eden reaktif boyarmaddeleri nükleofilik adisyon mekanizmasına göre reaksiyon veren boyarmaddeler olarak sayabiliriz. Bu tür boyarmaddelerde Selülozun hidroksil grubu ile boyarmadde arasında selüloz eteri oluşturmak üzere adisyon reaksiyonu gerçekleşir. Bu tipteki boyarmaddeler doymamış vinil grupları ihtiva ederler veya bu gruplar boyama sırasında bazik ortamda meydana gelirler.



D : Kromofor grup

Sell : Selüloz molekülü

Burada  $\beta$ - sülfoetilsülfon grubuna sahip boyarmadde, NaOH ile muamele sonucu reaktif duruma geçmekte , yada başka bir deyişle vinilsülfon grubunu oluşturmaktadır. Vinilsülfon grubu da selüloz ile katılma reaksiyonu vererek kovalent bağ oluşturmaktadır. Boyama sırasında reaktif boyarmaddelerin lifin fonksiyonel grupları ile verdikleri reaksiyonun yanı sıra, yukarıdaki her iki reaksiyonda görüldüğü gibi reaktif boyar maddeler suyun -OH gruplarıyla kısmen reaksiyona girmekte, yani hidroliz reaksiyonunda gerçekleşmektedir. Hidrolize uğramış reaktif grup reaksiyon yeteneğini kaybeder. Sonuç olarak hidrolize uğramış boyarmaddenin bir kısmı lif fonksiyonel gruplarına kovalent bağ

ile bağlanmadan sadece mekanik olarak elyafa bağlanıp yaş haslıklarını düşürür (Özcan, 1978; Kanık , 1988; Ciyanbekov, 1996 ; Uygur ve Hall, 1996).



## 4. RENK BİLGİSİ

### 4.1 Rengin Temel Kavramları

Renk insan gözü tarafından algılanan etkilerin sinirler yardımıyla beyne iletilmesi sonucu oluşan bir duyum olayıdır. Bütün duyular gibi renk de oldukça göreceli bir kavramdır ve bir çok faktöre bağımlı olarak değişir (Sandoz, 1989).

Bir cisim üzerine gelen ışığın tümünü absorbluyorsa siyah, tümünü yansıtıyorsa beyaz görünür. İnsan gözündeki görme sinirleri sadece görünür bölgedeki ışığa karşı duyarlıdırlar.

Bir maddeye gelen ışığın bazı dalga boylarını yansıtması bazı dalga boylarını da absorblaması nedeniyle o madde renkli görünür. Renklendirilmiş maddelerin ışığı absorpsiyonu moleküllerindeki farklı orbitalleri arasındaki enerji farklılıkları tarafından belirlenir. Bu yüzden boyarmaddeler ve pigmentler kimyasal yapılarının farklılıklarından kaynaklanan farklı absorpsiyon modelleri gösterirler. Belirli dalga boylarında çizilen absorpsiyon spektrumu grafikleri renklendirilmiş maddelerin bir karakteristiğidir. Bu karakteristik özellik teşhis amacıyla kullanılabilir. Absorpsiyon spektrumları numunelerin çözeltilerinden belirlenir. Boyanmış elyaflar, boyadaki pigmentler ve diğer maddeler ışığı kendine özgü modellerde absorblarlar. Absorblanmayan ışık çoğunlukla yansır (Reflection). Bu yansıyan miktar geçen ışından daha fazladır (Allen, 1971).

Organik maddelerde bulunan her grup kendine özgü dalga boyunu absorblar. Işığı absorblayan grubun yakınında meydana gelen substituent değişikliği ile bu dalga boyu az ya da çok değişir (Gündüz, 1993).

Bir maddede  $-C=O-$ ,  $-NO_2$ ,  $-N=N-$ ,  $-NO$   $\text{>C=C<}$ ,  $-CHO$  gibi  $\pi$  bağları içeren grupların bulunması maddenin genellikle 400-800 nm dalga boyları arasında absorpsiyon yapmasına neden olur. Bu aralıkta absorpsiyon yapan maddeler göze renkli görünürler. Bunun için bu gruplara kromofor gruplar denir. Kromofor grubun uzunluğu arttıkça absorpsiyon şiddeti de artar. Kromofor gruplarının başlıca özelliği  $\pi$  bağlarının olması ve elektron geçişlerinin daha düşük enerji seviyesiyle gerçekleşmesidir. Bunları ihtiva eden her madde renkli değildir ama renkli olan her maddede birkaç istisna ile bu gruplardan hiç değilse bir tanesi vardır.  $-NH_2$ ,  $-OH$  gibi gruplar da kendileri renkli olmamakla birlikte

renkli maddelerde bulunmaları absorpsiyonun uzun dalga boyuna kaymasına neden olur. Aynı zamanda bu gruplar absorpsiyonun şiddetini de arttırlar. Böyle gruplara oksokrom gruplar denir. Bu gruplar genellikle 220 nm dalgaboyunun altında absorpsiyon yaparlar ( Gündüz, 1993).

Renklendirilmiş maddelerde ışığın absorblanması moleküldeki farklı orbitaller arasındaki elektron geçişleri sayesinde olur. Absorblanan ışının dalga boyu orbitaller arasındaki enerji farklılıkları ile belirlenir.

İnsan gözü tarafından görünür bölgede algılanan dalga boylarına karşılık gelen renkler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 1** Gözlenen renk ile absorblanan renk arasındaki ilişki (Allen, 1971)

<i>Absorblanan Işık</i>		
<i>Dalgaboyu (nm)</i>	<i>Renk</i>	<i>Görünen Renk (Bileşiğin Rengi)</i>
400-435	Violet	Sarı-Yeşil
435-480	Mavi	Sarı
480-490	Yeşil-Mavi	Turuncu
490-500	Mavi-Yeşil	Kırmızı
500-560	Yeşil	Mor
560-580	Sarı-Yeşil	Violet
580-595	Sarı	Mavi
595-605	Turuncu	Yeşil-Mavi
605-750	Kırmızı	Mavi-Yeşil

Işık katı cisimler üzerine çarptığında belirli dalga boyları o cisim tarafından absorblanır, kalan tamamlayıcı (complementary) dalga boyları ise cisim tarafından yansıtılır. Örneğin mavi renk aralığında absorblayan cisim sarı olarak görülür.

Görme işlemi, ışık kaynağı, gözlenen cisim ve gözlemci olmak üzere temelde üç ana unsuru içerir. Renk ölçümünü standard bir şekilde tanımlayabilmemiz için bu üç ana unsuru standard bir şekilde tanımlamamız gerekmektedir. Görme işlemi oluşturan üç

unsurdan herhangi birinin değişmesi durumunda rengin algılanması da değişecektir (Sandoz, 1989).

#### 4.1.1 Işıık kaynağı (Aydınlatıcı)

Ana ışık kaynağı olarak değerlendirdiğimiz güneş ışığı ölçüm yerine, mevsime, yerel hava şartlarına göre değiştiiğinden, ışık kaynaklarını standard olarak tanımlama gereği doğmuştur.

Güneş, akkor lamba ve floresans lamba en çok kullanılan ışık kaynaklarındandır.

Aydınlatıcıları, nümerik terimlerle karakterize etmek için herbir dalga boyunda yayılan ışın miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu “spektral radyasyon yoğunluğu” ya da “Işık kaynağının spektral enerji dağılımı” olarak adlandırılır.

1931 yılında CIE tarafından A, B, C olmak üzere üç tür ışık kaynağı tanımlanmıştır.

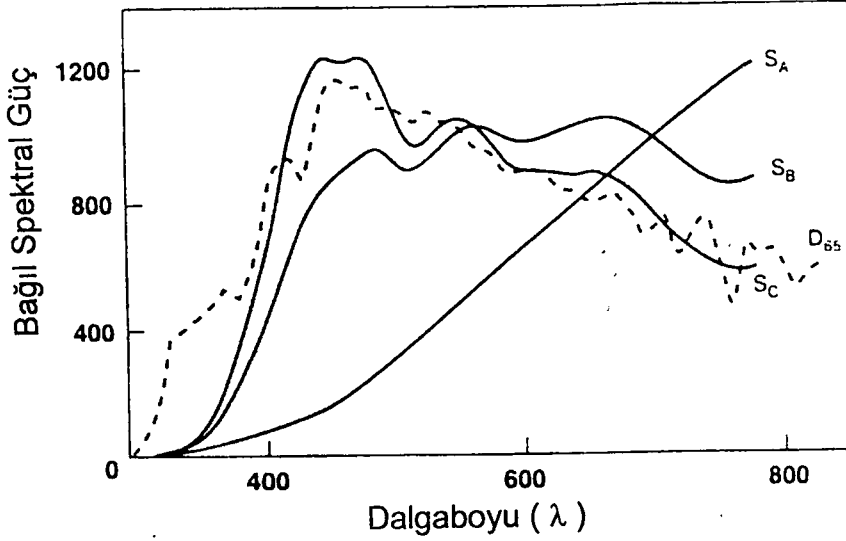
**Standard ışık kaynağı A :** Bu standard ışık kaynağı ile 2856 K renk sıcaklığındaki akkor ışımaya yapan tungsten lambaya eşdeğer bir aydınlatıcı tanımlanmıştır.

**Standard ışık kaynağı B:** Bu standard ışık kaynağı ile 4870 K renk sıcaklığında ışımaya yapan gün ışığına eşdeğer bir ışık kaynağı olarak tanımlanmıştır.

**Standard ışık kaynağı C :** Bu standard ışık kaynağı ile 6770 K renk sıcaklığında ışımaya yapan gün ışığına eşdeğer bir ışık kaynağı tanımlanmıştır.

1950 ve 1960'lı Yılların başındaki çalışmalar standard aydınlatıcı B ve C'nin UV bölgede oldukça küçük enerji dağılımına sahip olduğunu gösterdi. Bu yüzden 1963 yılında CIE yeni bir standard aydınlatıcı ( D aydınlatıcısı) tanımladı.

**Standard ışık kaynağı D<sub>65</sub> :** Renk sıcaklığı 6500 K olan gün ışığına eşdeğer bir kaynağı olarak tanımlanmıştır. CIE tarafından ayrıca renk sıcaklıkları farklı olan D<sub>50</sub>, D<sub>55</sub>, D<sub>75</sub> ışıkları da tanımlanmıştır. D<sub>50</sub> ve D<sub>55</sub> Standard ışık kaynakları ortalamadan daha fazla sarı ışığın istendiği yerlerdeki kullanım içindir. D<sub>50</sub> genellikle grafik resim ticaretinde renkli baskıların ve fotoğrafların aydınlatılması için kullanılmaktadır. 7500 K Renk sıcaklığına sahip olan D<sub>75</sub> ise Amerika'nın bir bölümünde gün ışığının mavi fazı tercih edilen bölümlerinde renk değerlendirme çalışmalarında kullanılır (McDonald, 1987; Sandoz , 1989).



Şekil 4.1 CIE Standard ışık kaynaklarının spektral dağılımları (McDonald , 1987).

#### 4.1.2 Gözlenen Cisim

Tekstil mamullerinde yüzeye gelen ışığın % 2'den daha fazlası optik materyallere ve havanın yoğunluğuna bağlı olarak yüzeyden hemen yansır. Bu oran yüzey yansımaları (surface reflectance) ya da arta kalan yüzey yansımaları (residual reflectance) olarak adlandırılır (Sandoz , 1989).

Işığın büyük çoğunluğu yüzey tabakasından difüze olarak materyale nüfuz eder ve her bir liften yayılarak her yönde yansır. Eğer lifler boyanmış ise yansıyan ışık gelen ışık ile aynı yönde olacaktır. Bu yüzden boyanmamış materyeller gün ışığı gibi beyaz bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılırsa daha beyaz görünürler. Eğer lif boyanmış ise gelen ışığın bir kısmı boyarmadde molekülleri tarafından absorblanacaktır. Absorblanan ya da yansıyan ışığın oranı boyarmadde tipine ve konsantrasyonuna bağlıdır.

Eğer boyarmadde konsantrasyonu düşük ise absorblanan ışık miktarı da düşük olur.

Renk ölçüm spektrofotometreleri ışığın yansıyan miktarlarını ölçerler. Yüzeye gelen ışın fresnel eşitliği uyarınca geri yansır.

$$\rho = \frac{(n_2 - n_1)^2}{(n_2 + n_1)^2} \quad (4.1)$$

$\rho$  : Polarize olmayan ışığın reflektans faktörü

$n_2, n_1$  : İki farklı fazın kırınım indeksi

$$n = n_2/n_1$$

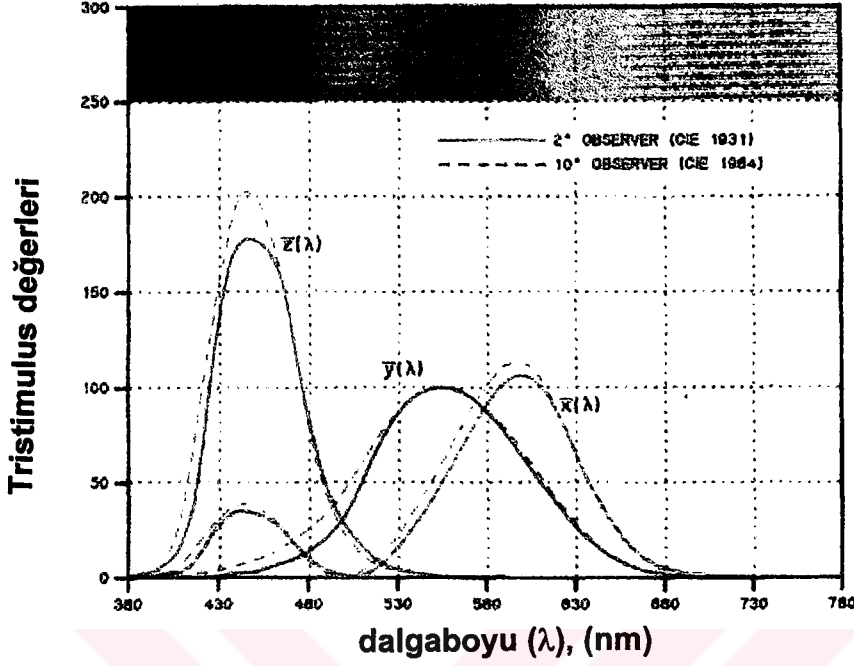
Yüzeye gelen ışığın tamamı yansımaz. Işığın bir kısmı kırınımına uğrayarak boyarmadde tabakasının içine geçer. Burada ışık boyarmadde partikülleri ile karşılaşarak bütün yönlerde saçınımına uğrar. Saçınımının derecesi boyarmadde partikül boyutuna ve pigment partiküllerinin kırınım indeksi ile yayıldıkları iç tabakanın kırınım indeksi arasındaki farka bağlıdır (McDonald , 1987).

#### 4.1.3 Gözlemci

Görme işleminin üçüncü temel unsuru insan gözüdür. Işık insan gözüne pupil boyunca girer, göz mercekle tarafından yoğunlaştırılır ve retina üzerinde görüntü oluşturulur. Retina çok fazla sayıda ışığa duyarlı hücre içerir. Bu hücreler çubuk ve konik hücreler olarak adlandırılır. Işık oluşumu görme hücrelerindeki ışık absorblayıcı pigmentlerin dekompozisyonu ile sinir impulslarına dönüştürülür. Göz, gün ışığı gibi normal bir ışığa adapte edildiği zaman, daha az duyarlı konik hücreler görsel duyumun beyine iletilmesi işlevini üstlenirler. Farklı spektral duyarlılıklara sahip olan üç tür konik hücre vardır. Bunlar kısa dalgaboyunda (mavi), orta dalgaboyunda (yeşil/sarı) ve uzun dalga boyunda (kırmızı) olmak üzere sınıflandırılabilirler. Sayısal renk verilerini hesaplayabilmek için bu üç tür konik hücrenin spektral duyarlılıkları sayısal değerlerle ifade edilmelidir.

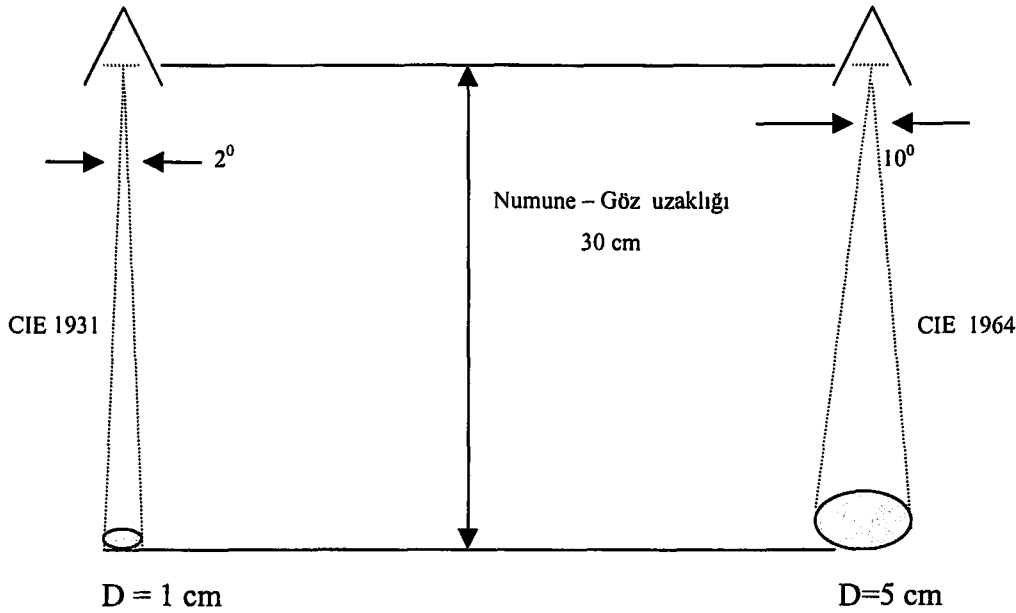
Guild ve Wright'ın araştırmaları, CIE' nin 1931 yılında renk ölçümü için standard gözlemciyi tanımlamasına olanak sağlamıştır. Bu uyarıcılar 700 nm dalgaboyunda kırmızı spektral renge, 546.1 nm dalga boyunda yeşil spektral renge ve 435.8 nm dalga boyunda mavi renge duyarlıdır (Allen , 1971).

CIE Tarafından tanımlanan bu üç eğri kromatisite koordinat eğrisi olarak adlandırılır. Kırmızı duyarlı eğri "x", yeşil duyarlı eğri "y" ve mavi duyarlı eğri "z" ile sembolize edilir. Şekil 4.2 'de  $2^0$  ve  $10^0$  görüş açısına sahip standard gözlemci için kromatisite koordinatları gösterilmiştir.



Şekil 4.2 . CIE  $2^{\circ}$  ve  $10^{\circ}$  Görüş açısına sahip standard gözlemci için kromatisite koordinatları (X-Rite, 1993)

CIE 1931 Yılında tanımlamış olduğu  $2^{\circ}$  lik standard görüş açısını, 1964 yılında daha da genişletmek amacıyla  $10^{\circ}$  olarak tanımlamıştır. Şekil 4.3'de bu iki görüş açısı şematik olarak gösterilmiştir.



D : çap

Şekil 4.3 CIE  $2^{\circ}$  ve  $10^{\circ}$  Görüş açılarının şematik gösterimi (Sandoz, 1989)

## 4.2 Renk Ölçümü

### 4.2.1 Rengin Tristimulus Değerleri ile Tanımı

Tristimulus değerleri X,Y,Z spektral verilerden türetilmiş renk ölçümünün temelini oluşturan değerlerdir ve temel olarak görme mekanizmasındaki 3 farklı duyarlılıktaki konik görme hücresine dayandırılmaktadır (Sandoz, 1989).

Tristimulus değerlerinin hesaplanmasındaki temel yöntem ölçülen reflektans değerlerinden hesaplanmasıdır. Boyanmış yüzey üzerindeki reflektans değerinin  $R_\lambda$  olarak ölçüldüğünü ve numunemizin her bir dalgaboyu altında  $E_\lambda$  kadar ışık veren bir ışık kaynağının altında ölçüldüğünü varsayarsak, herbir dalgaboyunda yansıyan ışık miktarı  $E_\lambda R_\lambda$  kadar olacaktır.  $\lambda$  Dalga boyundaki ışığın bir birim enerjisi aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi gösterilir.

$$1 [\lambda] = x_\lambda [X] + y_\lambda [Y] + z_\lambda [Z] \quad (4.2)$$

(4.2) eşitliği aşağıdaki şekilde eşdeğer olarak ifade edilir.

$$E_\lambda R_\lambda [\lambda] = E_\lambda R_{\lambda x_\lambda} [X] + E_\lambda R_{\lambda y_\lambda} [Y] + E_\lambda R_{\lambda z_\lambda} [Z] \quad (4.3)$$

Spektrumun görünür bölgesindeki yansıyan ışık miktarı herbir dalgaboyundaki yansıyan ışık miktarlarının toplamı olacaktır ve bu çok basit bir matematiksel eşitlikle aşağıdaki gibi gösterilir.

760

$$\sum = E_\lambda R_\lambda \quad (4.4)$$

$\lambda=380$

Eğer spektrumun görünür bölgesi  $d\lambda$  aralıklarla küçük dalgaboylarına bölünürse (4.4 ) eşitliği (4.5) halini alır

760

$$\int_{380}^{760} E_\lambda R_\lambda d\lambda \quad (4.5)$$

Pratik kullanım açısından spektrumun görünür bölgesindeki yansıyan ışık miktarı toplam olarak ifade edildiğinden, boyalı bir yüzeyden yansıyan ışık miktarı aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$\sum E_{\lambda} R_{\lambda} x_{\lambda} + \sum E_{\lambda} R_{\lambda} y_{\lambda} + \sum E_{\lambda} R_{\lambda} z_{\lambda} \quad (4.6)$$

Aynı şekilde yüzeyden yansıyan ışık  $X[X] + Y[Y] + Z[Z]$  şeklinde verildiğinden tristimulus değerlerini aşağıdaki şekilde ifade etmek mümkün olacaktır.

$$X = \sum E_{\lambda} R_{\lambda} x_{\lambda} \quad Y = \sum E_{\lambda} R_{\lambda} y_{\lambda} \quad Z = \sum E_{\lambda} R_{\lambda} z_{\lambda} \quad (4.7)$$

Böylelikle  $E_{\lambda}$ ,  $x_{\lambda}$ ,  $y_{\lambda}$ ,  $z_{\lambda}$  ve  $R_{\lambda}$  değerleri bilinirse X, Y ve Z tristimulus değerleri kolaylıkla hesaplanabilir (McDonald , 1987 ).

#### 4.2.2 Kromatisite Koordinatları ve Kromatisite Diagramı

Renklerin daha açık bir şekilde tanımlanabilmesi ve sunulması için bir takım matematiksel transformasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki ve günümüzde de kullanılan CIE kromatisite diagramı, ya da diğer bir deyişle CIE renk üçgenidir.

Rengin diğer iki boyutunu ifade etmek için ilk önce x, y, z kromatisite koordinatlarını ve x'e karşı y eğrisini tanımlamak gerekir.

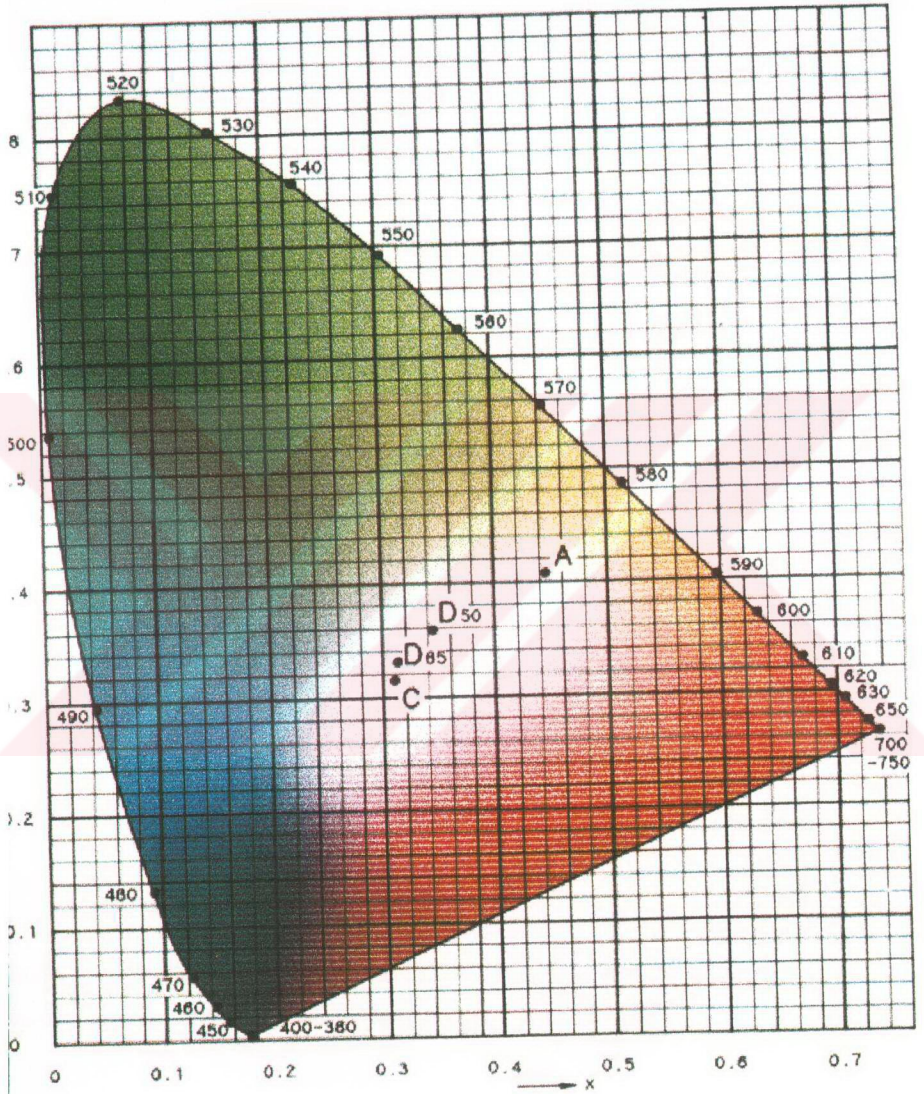
$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (4.8)$$

Renk koordinatları, renk duyumunun sarı-mavi ve kırmızı –yeşil bileşenlerinin ölçümleri ile hesaplanır.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad ( \text{sarı-mavi koordinat} ) \quad (4.9)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad ( \text{kırmızı-yeşil koordinat} ) \quad (4.10)$$

CIE kromatisite diagramı renk duyumunun “hue” ve “chroma” bileşenleri olarak adlandırılan kromatisiteyi ifade eder. Bir rengi tamamen karakterize etmek için üçüncü bir koordinat olarak parlaklığa da ihtiyaç duyulur. Kromatisite diagramı sistematik bir düzenleme sağlamış olmasına karşılık, gerçekte bu tür bir renk tanımlama yöntemi çok uzun süre kullanılmamıştır. Uzun süre kullanılmama nedenlerinden en önemlisi çeşitli renk sitelerinde hesaplanan renk farkı büyüklüklerinin gerçekte insan gözü tarafından algılanılan renk büyüklüklerine eşdeğer olmamasıdır (Trotman, 1975 ; McDonald 1987 ; Sandoz , 1989 )



Şekil 4.4 CIE 1931 (x,y) Kromatisite Diagramı (X-Rite, 1993)

### 4.2.3 Renk Farklılıklarının Değerlendirilmesi

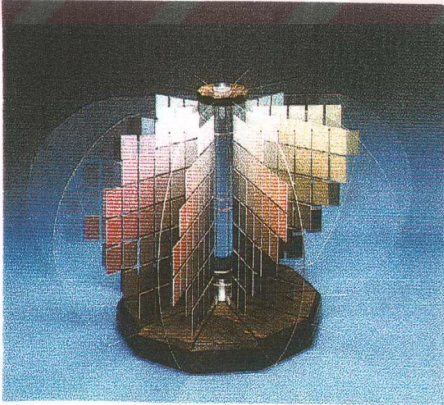
Renk farkı ölçümlerinde kullanılan skalaların sayısı çok fazladır. Renk farkı ölçümünde kullanılan skalaların en önemlileri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Munsell Renk Farkı Sistemi ve Renk Skalası
- Adam-Nickerson Serisi
- Judd-Hunter Uniform Kromatisite Maxwell Üçgeni
- Mac Adams Kromatisite Fark Serisi

#### 4.2.3.1 Munsell renk skalası

Günümüzde de kullanılan bu sistem 1905 yılında sanatçı Albert H. Munsell tarafından geliştirilmiştir. Tarihsel perspektifi açısından Munsell renk sistemi insan algılamasını esas aldığından oldukça önemli bir yere sahiptir. Renk ölçümü için bugün var olan cihazlar yokken renklerin ölçümünde ve belirlenmesinde bu sistem kullanılıyordu. Munsell sistemi rengin “hue”, “parlaklık” ve “chroma” olmak üzere üç özelliğini sayısal değerler ile düzenliyordu.

Munsell renk ağacı şekil 4.5’de gösterilmiştir. Munsell renk ağacında dikey eksen aşağıdan yukarıya artan bir şekilde parlaklığı temsil etmektedir. Yatay eksen ise kromayı temsil etmektedir ve bu değer merkezden uzaklaştıkça artmaktadır. (X-Rite, 1993 ; Trotman, 1975)



Şekil 4.5 Munsell renk ağacı (X-Rite , 1993)

#### 4.2.3.2 Judd – Hunter sistemi

Bu renk farkı skalaları sistemi 1935 yılında Judd'un uniform üçgen skalası ile başlamıştır. 1948 Yılında da Hunter tarafından Hunter L ,a , b formülü geliştirilmiştir (Harold, 1987).

$$L = 100 ( Y/Y_n )^{1/2} \quad (4.11)$$

$$a = \frac{K_a ( X/X_n - Y/Y_0 )}{(Y/Y_0)^{1/2}} \quad (4.12)$$

$$b = \frac{K_b ( Y/Y_n - Z/Z_n )}{(Y/Y_n)^{1/2}} \quad (4.13)$$

**Çizelge 4.2** Judd-Hunter sisteminde rengin değerlendirileceği ışık kaynağı için kromatisite katsayıları (Harold , 1987).

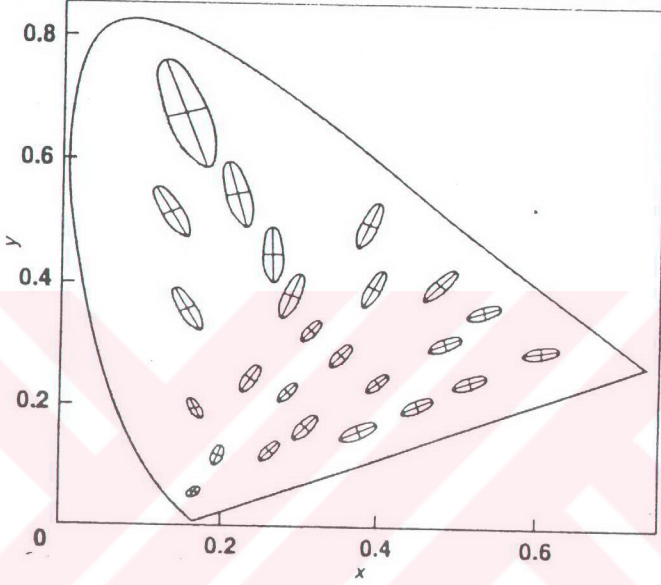
<i>Aydınlatıcı</i>	<i>K<sub>a</sub></i>	<i>K<sub>b</sub></i>
A	185.2	38.4
C	175	70
D <sub>65</sub>	172.3	67.2
F	175.	53.1

#### 4.2.3.3 Mac Adams renk farkı sistemi

Bu yöntemde X, Y, Z değerleri görsel olarak uniform özellik gösteren bir sisteme dönüştürülmüş olup Şekil 4.5'de çizilmiş olan elipsler aynı boyutlardaki dairelere dönüşmüş kabul edilir. İki renk arasındaki geometrik mesafe bunların arasındaki renk farklılığının bir ölçüsü olmaktadır.

Standard bir numunenin rengi ile karşılaştırılan herhangi bir numunenin konumu, standard numunenin değerlerinin kullanımı ile çizilen xy diagramı üzerinde belirlenmekte ve aynı

yöndeki elips yarı çapına göre elipsin merkezinden olan uzaklık, birleşik renk ve kroma farkını Mac Adams Elipsleri cinsinden vermektedir.



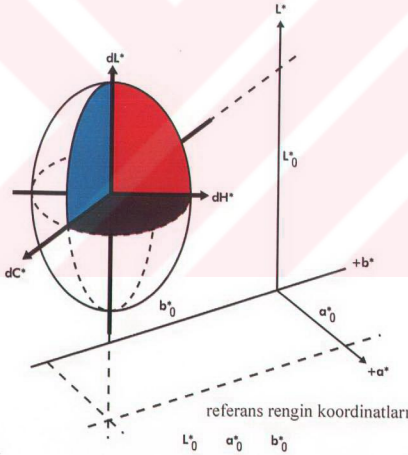
Şekil 4.6 CIE 1931 Kromatisite Diagramı üzerine çizilmiş Mac Adams elipsleri (McDonalds,1987)

#### 4.2.3.4 CIE LAB Renk Uzayı

1976 Yılında CIE görsel olarak uniform kabul edilen iki renk sisteminin kullanımını tavsiye etmiştir. Bu sistemlerden CIE Lab Sistemi tekstil endüstrisinde oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur. CIE Lab Sistemi rengin daha kolay anlaşılabilir bir tanımını yapmak üzere X, Y ve Z tristimulus değerlerinden hesaplanılabilen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  şeklindeki üç koordinatı kullanılmaktadır. Bu parametrelerdeki "\*" işareti daha önce geliştirilmiş

farklı sistemlerdeki benzer işaretlerden bu koordinatları ayırt edebilmek için kullanılmaktadır.

Şekil 4.7' de CIE Lab Sisteminin şematik bir görünümü verilmektedir. Birbirlerine dik açı yapan ve nötral noktada kesişen ( parlaklığa bağlı olarak gri, ya da beyaz)  $a^*$  ve  $b^*$  eksenleri görülmektedir. Üçüncü eksen  $L^*$  parlaklığın bir ölçüsü olup  $a^*$  ve  $b^*$  eksenleri tarafından oluşturulan düzleme dik olup bu düzlemi nötral noktada kesmektedir. Aynı rengin farklı tonları,  $a^*$  ve  $b^*$  tarafından oluşturulan düzlem içerisinde nötral noktadan dışarıya doğru uzanan bir hat içerisinde yer almaktadır. Burada kırmızıdan sarıya doğru artış gösteren dönme açısı "h" rengin bir ölçüsüdür. Nötral noktadan uzaktaki bir nokta  $C^*$  kromayı ifade eder. Kroma diğer bir deyişle belirli bir parlaklıktaki bir rengin canlılığının bir ölçüsüdür (McDonald, 1987 , Sandoz, 1989).



Şekil 4.7  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Renk Uzayı ve  $\Delta E_{ab}^*$  Renk Farklılığı

Bir renk  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  koordinatları ile, ya da  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  değerleri yardımıyla belirlenebilmektedir. Genel olarak koloristik açıdan düşünüldüğünde rengin  $a^*$  ve  $b^*$  koordinatları yardımıyla tanımlanmasından çok, renk açısı  $h$  ve kroma  $C^*$ 'nin kullanımı

yoluyla tanımlanması daha uygundur. Her iki durumda da  $L^*$  rengin parlaklığının bir ölçüsünü ifade etmektedir.  $L^*$  değeri 0 ile 100 arasında olup siyah için 0, beyaz için 100 değeri kullanılmaktadır.

CIE Lab denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad Y/Y_n > 0.008856 \quad (4.14)$$

$$a^* = 500 [ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} ] \quad X/X_n > 0.008856 \quad (4.15)$$

$$b^* = 200 [ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} ] \quad Z/Z_n > 0.008856 \quad (4.16)$$

$Y/Y_n \leq 0.008856$  olması durumunda aşağıdaki formül geçerlidir.

$$L^* = 903.3 (Y/Y_n)^{1/3} \quad Y/Y_n \leq 0.008856 \quad (4.17)$$

$X/X_n \leq 0.008856$  ,  $Y/Y_n \leq 0.008856$  ve  $Z/Z_n \leq 0.008856$  olması durumunda  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin hesaplaması aşağıda olduğu gibidir.

$$a^* = 500 [ f(X/X_n) - f(Y/Y_n) ] \quad (4.18)$$

$$b^* = 200 [ f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n) ] \quad (4.19)$$

$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  kartezyen koordinatları eşitlik (4.20) yardımıyla  $L^*C^*h^*$  silindirik koordinatlarına dönüştürülmektedir (McDonald, 1987 ; AATCC,1995)

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (4.20)$$

$$h = \arctan b^*/a^* \quad (4.21)$$

(4.18) ve (4.19) eşitliklerindeki  $f(X/X_n)$  ,  $f(Y/Y_n)$  ve  $f(Z/Z_n)$  aşağıda açıklanmıştır.

$$f(X/X_n) = 7.787 (X/X_n) + 16/116 \quad X/X_n \leq 0.008856 \quad (4.22)$$

$$f(Y/Y_n) = 7.787 (Y/Y_n) + 16/116 \quad Y/Y_n \leq 0.008856 \quad (4.23)$$

$$f(Z/Z_n) = 7.787 (Z/Z_n) + 16/116 \quad Z/Z_n \leq 0.008856 \quad (4.24)$$

$X_n$ ,  $Y_n$  ve  $Z_n$  ışık kaynağının tristimulus değerleridir. Çizelge (4.3)  $2^0$  ve  $10^0$ 'lik gözlemci için çeşitli ışık kaynaklarına ait tristimulus değerleri vermiştir.

**Çizelge 4.3** Işık kaynağı / gözlemci kombinasyonunun tristimulus değerleri (AATCC)

<i>Işık kaynağı/Gözlemci Kombinasyonu</i>	<i>Tristimulus Değerleri</i>		
	$X_n$	$Y_n$	$Z_n$
A/10 <sup>0</sup>	111.146	100.000	35.203
C/10 <sup>0</sup>	97.285	100.000	116.145
D <sub>50</sub> /10 <sup>0</sup>	96.720	100.000	81.427
D <sub>55</sub> /10 <sup>0</sup>	95.799	100.000	90.926
D <sub>65</sub> /10 <sup>0</sup>	94.811	100.000	107.304
D <sub>75</sub> /10 <sup>0</sup>	94.416	100.000	120.641
F <sub>2</sub> /10 <sup>0</sup> ( Soğuk Beyaz Floresan)	103.279	100.000	69.027
F <sub>7</sub> /10 <sup>0</sup> (Gün Işığı Floresan)	95.792	100.000	107.686
F11/10 <sup>0</sup> (Ultralume 4000, TL 84)	103.863	100.000	65.607
A/2 <sup>0</sup>	109.850	100.000	35.585
C/2 <sup>0</sup>	98.074	100.000	118.232
D <sub>50</sub> /2 <sup>0</sup>	96.422	100.000	82.521
D <sub>55</sub> /2 <sup>0</sup>	95.682	100.000	92.149
D <sub>65</sub> /2 <sup>0</sup>	95.047	100.000	108.883
D <sub>75</sub> /2 <sup>0</sup>	94.972	100.000	122.638
F <sub>2</sub> /2 <sup>0</sup> ( Soğuk Beyaz Floresan)	99.186	100.000	67.393
F <sub>7</sub> /2 <sup>0</sup> (Gün Işığı Floresan)	95.041	100.000	108.747
F11/2 <sup>0</sup> (Ultralume 4000, TL 84)	100.962	100.000	64.350

CIE Lab birimleri cinsinden renk farklılıkları eşitlik (4.22) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\Delta E = [ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 ]^{1/2} \quad (4.25)$$

Renk farklılıklarının  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  şeklinde 3 bileşene ayrılmasına rağmen öncelikle bu bileşenlerden birincisi önemlidir.

$\Delta L^* = L^*_{\text{numune}} - L^*_{\text{standard}}$  değerinin pozitif olması numunenin standarddan daha parlak olduğunu, negatif olması numunenin standardtan daha koyu olduğunu göstermektedir.

$\Delta C^* = C^*_{\text{numune}} - C^*_{\text{standard}}$  değerinin pozitif olması numunenin daha yüksek bir kromaya sahip olduğunu, negatif olması ise numunenin daha düşük bir kromaya sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  aşağıdaki gibi ifade edilir (McDonald, 1987).

$$\Delta a^* = a^*_{\text{numune}} - a^*_{\text{standard}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{numune}} - b^*_{\text{standard}}$$

#### 4.2.4 Metamerism

Metamerism, iki rengin belirli bir koşullar dizisi altında aynı görünmesi, fakat başka koşullar dizisi altında farklı görünmesidir (McDonald, 1987).

Dört çeşit metamerism mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Işık kaynağı Metamerismi
- Gözlemci Metamerismi
- Alan Boyutu Metamerismi
- Geometrik Metamerism

Kırmızı, Mavi, sarı renklerin kombinasyonundan bir çok yeni renkler elde edilebilir. Buna rağmen bu gibi eşleştirmelerde pek çok metamerism durumu ile karşılaşılır.

Endüstriyel renk kalite kontrolünde referans ışık kaynağı (genellikle gün ışığı) altında yapılan eşleştirme A ışık kaynağı altında kontrol edilir. Eğer iki ışık kaynağı altında da eşleştirme uyumluluğunu koruyorsa durum metamerism açısından tatmin edicidir. Buna rağmen floresans ışık kaynağı altında istenmeyen durumlar oluşabilir. Bu yüzden metamerism uyumluluğunu kontrol etmek için en az üç ışık kaynağı altında kontrol edilmelidir (Kuo, 1996).

Metamerism sayısal olarak da hesaplanması için bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Judd ve Wysecki tarafından geliştirilen Metamerism İndeksi de (MI) bunlardan biridir. Bu indeksin geliştirilmesinde Stiles ve Wysecki tarafından geliştirilmiş olan indeks temel alınmıştır. Bunun yanında Judd ve Wysecki tarafından geliştirilen indeksin en önemli farkı tristimulus değerleri farkı yerine, algılanan renk farkının temel alınmasıdır. Judd ve Wysecki indeksi 4.25 eşitliğinde gösterilmiştir (Moradian, 1987).

$$(MI) = \frac{\Delta E}{\Delta E_m} = \frac{[ (L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 ]^{1/2}}{\Delta E_m} \quad (4.25)$$

$\Delta E_m$  : Tolere edilebilir renk farkı ( 1 olarak alınabilir)

MI : Metamerism İndeksi

Bilgisayar ile renk eşleştirme programlarında genellikle bu indeks kullanılır. Standardın ve numunenin tristimulus değerleri A ışık kaynağı kullanılarak hesaplanır. Buna rağmen eşitliklerden elde edilen renk farkının görsel değerlendirmeler ile uyum içerisinde olmadığı görülmüştür.

Metamerik indeks için diğer bir hesaplama yöntemi de Bridgeman tarafından geliştirilmiştir. Bu indeks aşağıda eşitlik 4.26'da görülebilir.

$$MI_{\text{Bridgeman}} = [\Sigma (R_{1\lambda} - R_{2\lambda})^2]^{1/2} \quad (4.26)$$

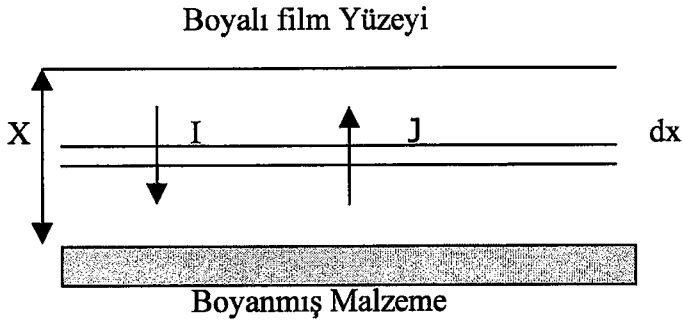
$R_{1\lambda}$  ,  $R_{2\lambda}$  iki rengin spektral reflektans eğrileri

### 4.3 Tekstil Mamulleri İçin Boyama Reçetelerinin Öngörülmesi

Tekstil sanayiinde spektrofotometre kullanılarak boyama reçetelerinin bilgisayarda eldesi ilk defa 1961 yılında Alderson, Atherton ve Derbyshire tarafından gerçekleştirilmiş olmasına rağmen bu uygulamanın matematiksel temelleri 1944 yılında Park ve Stearns tarafından atılmıştır. Uygulamadaki bu gecikmenin en büyük nedeni bilgisayarların 1960 yılların başında yaygınlaşmasıdır.

Boyarmaddenin konsantrasyonu ve reflektans fonksiyonu arasındaki lineer bağıntıyı ortaya koyan çeşitli teoriler ve kuramlar geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi Kubelka – Munk fonksiyonudur.

Boyanmış bir yüzeydeki çok ince ve pigmentlenmiş bir tabaka göz önüne alındığında aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.



Absorbsiyon katsayısını  $K$ , saçınım katsayısını  $S$  ve ışık şiddetini  $I$  olarak gösterdiğimiz zaman aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

Aşağı doğru ışık akışı için ;

$$\text{Absorbsiyon ile azalan miktar} = - KI \, dx \quad (4.27)$$

$$\text{Saçınım ile azalan miktar} = - SI \, dx \quad (4.28)$$

$$\text{Yukarıya doğru yol alan ışık hüzmesinin şiddetindeki değişiklik} = + SJ \, dx \quad (4.29)$$

Bu eşitlikler toplandığında

$$dI = - KI \, dx - SI \, dx + SJ \, dx \quad (4.30)$$

$$dI = -(K+S) I \, dx + SJ \, dx \quad (4.31)$$

Yukarı doğru akış için;

$$\text{Absorbsiyon ile azalan miktar} = - KJ \, dx \quad (4.32)$$

$$\text{Saçınım ile azalan miktar} = - SJ \, dx \quad (4.33)$$

$$\text{Yukarıya doğru yol alan ışık hüzmesinin şiddetindeki değişiklik} = + SI \, dx \quad (4.34)$$

$$dI = - KJ \, dx - SJ \, dx + SI \, dx \quad (4.35)$$

$$dI = -(K+S) J \, dx + SI \, dx \quad (4.36)$$

Diferansiyel denklem takımları sınır tabak kuramı ile çözüldüğü zaman aşağıdaki Kubelka -Munk eşitliğini verir.

$$R = \frac{1 - R_g (a - b \coth bSx)}{a - R_g + b \coth bSx} \quad (4.37)$$

$$a : 1 + (K/S)$$

$$b : (a^2 - 1)^{1/2}$$

R : X kalınlığındaki ince film tabakasının reflektans değeri, oransal olarak ifade edilir.

K,S : Film tabakalarının absorpsiyon ve saçınım katsayıları

R<sub>g</sub> : Film tabakasının üzerinde bulunduğu tabakanın reflektansı

X kalınlığında olduğu düşünülürse ( dx sonsuza giderken limit alınırsa )

$$R = 1 + (K/S) - [(K/S)^2 + 2 (K/S)]^{1/2} \quad (4.38)$$

$$R = 1 + (K/S) - \{(K/S) [(K/S) + 2]\}^{1/2} \quad (4.39)$$

$$K/S = \frac{(1-R\alpha)^2}{2 R\alpha} \quad (4.40)$$

R $\alpha$  : Sonsuz kalınlıktaki bir numunenin belirli dalga boyunda reflektansı

Eşitlik 4.40'a benzer bir şekilde Kubelka - Munk Teorisi absorpsiyon ve saçınım katsayılarına bağlı olarak her bir pigmentin ya da boyarmaddenin saçınım ve absorpsiyon katsayılarından hesaplanır.

$$K/S = \frac{C_1K_1 + C_2K_2 + \dots + K_s}{C_1S_1 + C_2S_2 + \dots + S_s} \quad (4.41)$$

C : Renklendirici Konsantrasyonu

K : Absorpsiyon Katsayısı

S : Saçınım Katsayısı

Klasik Kubelka –Munk analizinde renklendiricinin hem absorblama, hemde saçınım yapma gücü olduğu düşünölmektedir. İnce film tabakasındaki pigment boyaları için durum böyledir, fakat tekstil boyarmaddelerinin lifin içerisinde absorbe olduğu ve böylece kendi saçınım güçlerine sahip olmadığı durumlarda ışığın herhangi bir şekilde saçınıma uğratılmasının sadece liflerden kaynaklandığı düşünölmektedir. Böylece  $S_1$  ,  $S_2$  ,  $S_3$  ... katsayıları sıfıra eşit olacaktır. Bu katsayıları elimine ettiğimizde denklem aşağıdaki şekli alır.

$$K/S = \frac{C_1K_1 + C_2K_2 + \dots + K_s}{S_s} \quad (4.42)$$

$$K/S = C_1 (K_1/S_s) + C_2 (K_2/S_s) + C_3 (K_3/S_s) + \dots + K_s/S_s \quad (4.43)$$

$K_s/S_s$  oranı boyarmadde-numune ikilisine ait bir parametredir. Her boyarmadde – numune ikilsinin kendine has bir  $K_s/S_s$  değeri olup absorpsiyon katsayısı olarak bilinir ve kısaca  $a_\lambda$  olarak gösterilir.

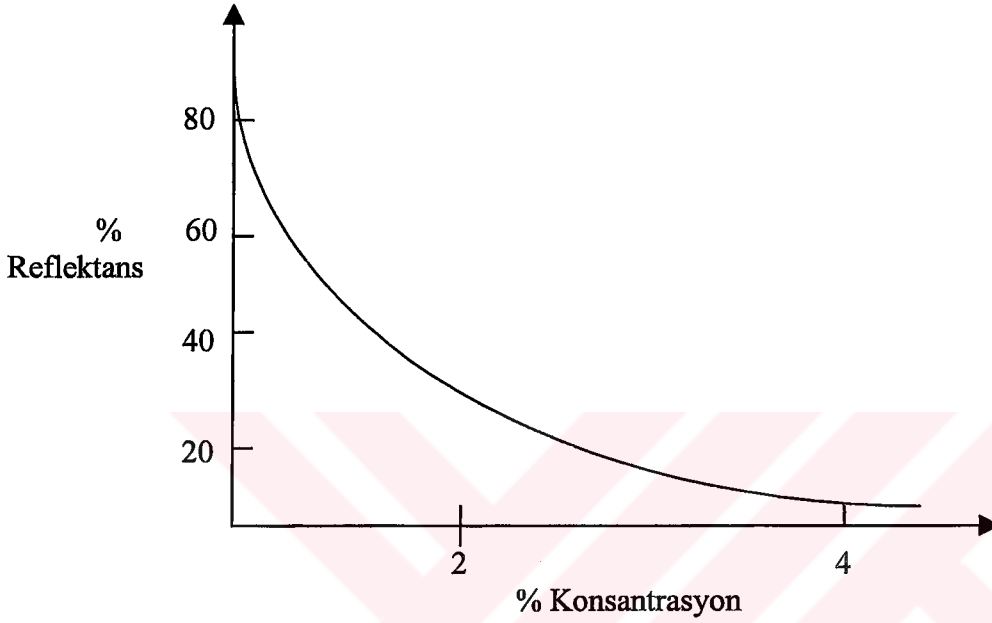
Son olarak aşağıdaki matematiksel ifadeleri kullanırsak;

- $R = R_\alpha$
- $f(R) = \text{Boyanmış Malzemenin } K/S \text{ değeri} = (1 - R^2) / 2R$
- $f(R) = \text{Boyanacak Malzemenin } K/S \text{ değeri} = (1 - R_s^2) / 2R_s$
- $a_1 = \text{Boyanacak Malzemede 1. Boyarmaddenin } K/S \text{ değeri} = K_1/S$

Belirli bir dalgaboyu için eşitlik 4.44 yazılır.

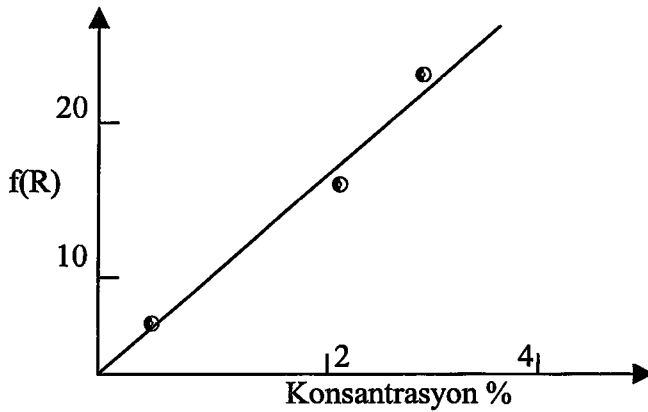
$$f(R) = a_{\lambda,1}C_1 + a_{\lambda,2}C_2 + \dots + f(R_{s,\lambda}) \quad (4.44)$$

Tekstil boyamacılığında reçete belirlemede genellikle 400-700 nm bölgesinde 20 nm aralıklarla 16 adet dalga boyunda reflektans ölçümleri yapılır. Şekil 4.8’de bir boyarmadde ile farklı konsantrasyonlarda yapılan boyamalara ait 20 nm aralıklarla yapılan ölçümlerle 400-700 nm arasında oluşturulmuş % Konsantrasyon- %Reflektans grafiği görülmektedir.



**Şekil 4.8** Farklı konsantrasyonlarda bir boyarmadde ile yapılan boyamalara ait % Konsantrasyon - % Reflektans grafiği (McDonald, 1987 )

Eğer reflektans değerlerini eşitlik 4.40’ı kullanarak  $f(R)$  değerlerine çevirirsek lineer doğruya yakın bir doğru elde ederiz. Şekil 4.8’deki eğrinin reflektans değerlerinin  $f(R)$  değerlerine çevrilmesi ile elde edilen bir grafik şekil 4.9’da görülebilir.



**Şekil 4.9** Farklı konsantrasyonlarda bir boyarmadde ile yapılan boyamalara ait belirli bir dalga boyunda %Konsantrasyon -  $f(R)$  grafiği (McDonald, 1987 ).

Belirli bir  $\lambda$  dalga boyunda  $f(R)$  ile boyarmadde konsantrasyonu arasında aşağıdaki gibi bir eşitlik bulunmaktadır.

$$f(R_\lambda) = f(R_{s,\lambda}) + a_\lambda C \quad (4.45)$$

$$C = \frac{f(R_\lambda) - f(R_{s,\lambda})}{a_\lambda} \quad (4.46)$$

Kubelka-Munk Fonksiyonu genelde düşük boyarmadde konsantrasyonlarına uygulanır. Düşük reflektans değerlerinde ve yüksek boyarmadde konsantrasyonlarında yaygın şekilde sapmalar görülür (Trotman 1975, McDonald , 1987).

#### 4.3.1 Spektrofotometrik Olarak Eğri Eşleştirme

Belirli boyama koşulları altında boyanmış metamerik özellik göstermeyen iki numuneyi gözönüne alırsak , reflektans eğrilerinden üzerindeki boyarmadde miktarlarını tespit etmek mümkündür.

Böyle bir durumda iki farklı dalga boyunda aşağıdaki 4.47, 4.48 denklemleri yazılabilir.

$$f(R_{\lambda 1}) = f(R_{s, \lambda 1}) + a_{\lambda 1, 1} c_1 + a_{\lambda 1, 2} c_2 \quad (4.47)$$

$$f(R_{\lambda 2}) = f(R_{s, \lambda 2}) + a_{\lambda 2, 1} c_1 + a_{\lambda 2, 2} c_2 \quad (4.48)$$

Yukarıdaki 4.47 ve 4.48 denklemlerinde  $c_1$  ve  $c_2$  dışındaki tüm parametreler bilinmektedir.

Metamerik özellik göstermeyen üç boyarmadde olması durumunda üç farklı denklem yazılabilir.

$$f(R_{\lambda 1}) = f(R_{s, \lambda 1}) + a_{\lambda 1, 1} c_1 + a_{\lambda 1, 2} c_2 + a_{\lambda 1, 3} c_3 \quad (4.49)$$

$$f(R_{\lambda 2}) = f(R_{s, \lambda 2}) + a_{\lambda 2, 1} c_1 + a_{\lambda 2, 2} c_2 + a_{\lambda 2, 3} c_3 \quad (4.50)$$

$$f(R_{\lambda 3}) = f(R_{s, \lambda 3}) + a_{\lambda 3, 1} c_1 + a_{\lambda 3, 2} c_2 + a_{\lambda 3, 3} c_3 \quad (4.51)$$

Bu denklemleri matriks formunda gösterirsek;

$$G = \begin{bmatrix} g_{\lambda 1} \\ g_{\lambda 2} \\ g_{\lambda 3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(R_{\lambda 1}) - f(R_{s\lambda 1}) \\ f(R_{\lambda 2}) - f(R_{s\lambda 2}) \\ f(R_{\lambda 3}) - f(R_{s\lambda 3}) \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{\lambda 1, 1} + a_{\lambda 2, 1} + a_{\lambda 3, 1} \\ a_{\lambda 1, 2} + a_{\lambda 2, 2} + a_{\lambda 3, 2} \\ a_{\lambda 1, 3} + a_{\lambda 2, 3} + a_{\lambda 3, 3} \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \quad (4.52)$$

Eşitlik 4.52 aşağıda gösterildiği gibi eşitlik 4.53 şeklinde yazılabilir.

$$G = AC \quad \text{yada} \quad C = A^{-1} G \quad (4.53)$$

Eğer  $Q =$  Ters Matriks  $A$  olarak ifade edersek eşitlik 4.54 ve 4.55 elde edilir.

$$Q = A^{-1} = \begin{bmatrix} q_{\lambda 1, 1} + q_{\lambda 2, 1} + q_{\lambda 3, 1} \\ q_{\lambda 1, 2} + q_{\lambda 2, 2} + q_{\lambda 3, 2} \\ q_{\lambda 1, 3} + q_{\lambda 2, 3} + q_{\lambda 3, 3} \end{bmatrix} \quad (4.54)$$

$$c_1 = q_{\lambda 1, 1} g_{\lambda 1} + q_{\lambda 2, 1} g_{\lambda 2} + q_{\lambda 3, 1} g_{\lambda 3} \quad (4.55)$$

$$c_2 = q_{\lambda 1, 2} g_{\lambda 1} + q_{\lambda 2, 2} g_{\lambda 2} + q_{\lambda 3, 2} g_{\lambda 3} \quad (4.56)$$

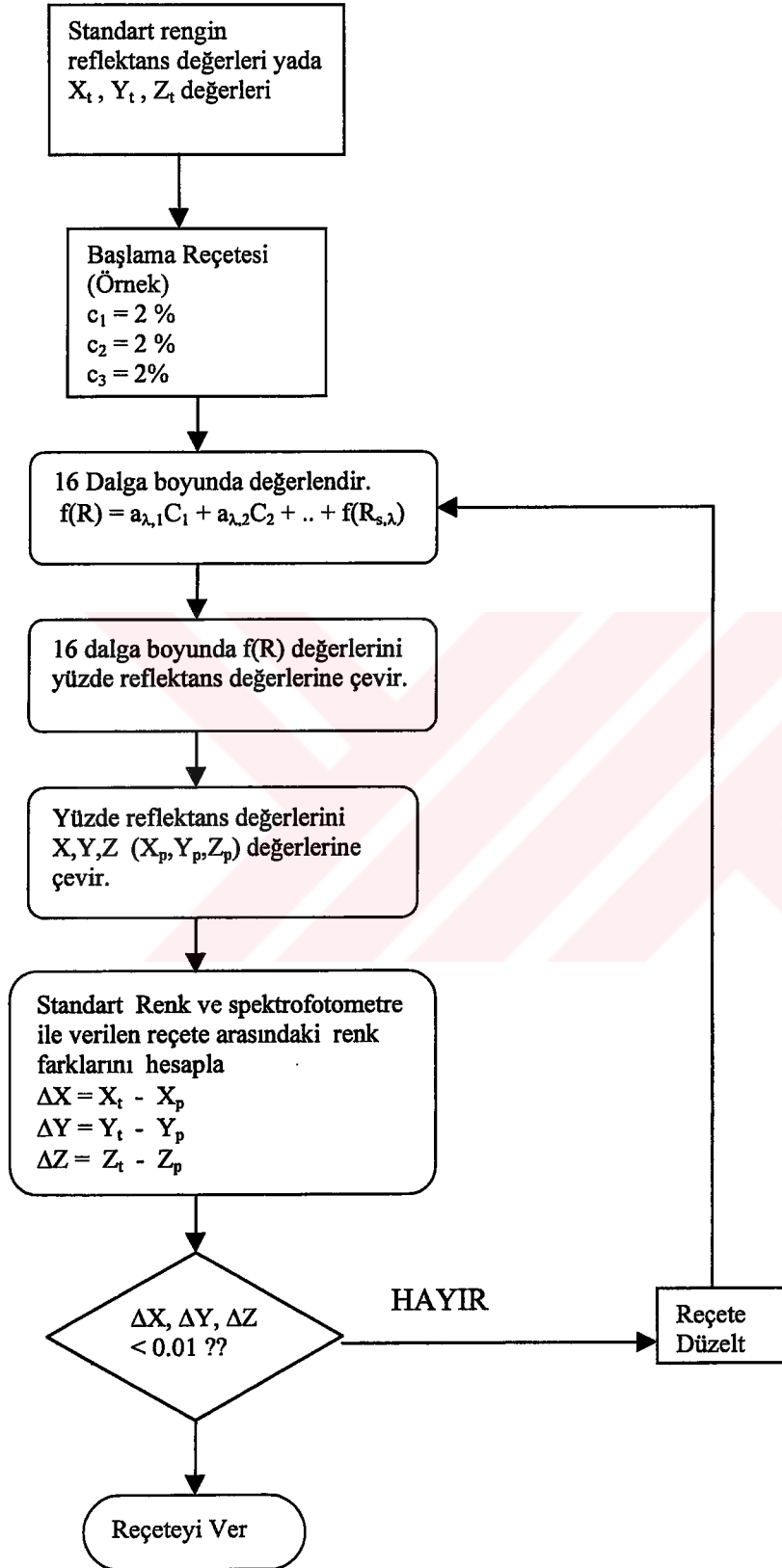
$$c_3 = q_{\lambda 1, 3} g_{\lambda 1} + q_{\lambda 2, 3} g_{\lambda 2} + q_{\lambda 3, 3} g_{\lambda 3} \quad (4.57)$$

Pratikte standart renk genellikle , spektrofotometre ile verilen reçetelerden farklı boyarmaddelerle boyanmıştır. Bu gibi durumlarda da boya konsantrasyonları standart renk ve spektrofotometre ile verilen reçeteler için çizilen reflektans diagramlarından seçilen üç

dalga boyu için hesaplanabilir. Bunun yanında diğer dalga boylarında birbirinden ayrılabilir ve belirli noktalarda çakışabilir. Bu durum öngörülen reçetenin standart renkten görsel değerlendirme ile ayrılmasını sağlayabilir. Eğer eşleştirilen eğri hedef renk için çizilen reflektans eğrisini en az üç noktada kesiyorsa metamerizm olgusundan bahsedebiliriz. (McDonald, 1987 ; Amirshahi ve Pailthrobe, 1994, 1995)

Bilgisayar tarafından verilen reçete ile yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen renk tutturma işleminde başarısız olmanın çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Boya banyosundan kumaş üzerine çektirilen boyarmadde miktarı ve reflektans arasındaki bağıntının lineer olmaması ve bu şekilde renk eşleme teorisinin ihlal edilmesi.
- Boyarmaddeler arasındaki etkileşimin (interaction), boyarmaddelerin tek başına uygulandığı durumlardan farklı olması.
- Laboratuvar ve işletmede yapılan boyama işlemlerinin yapıldığı cihazlar arasındaki boyut farkı ve kalibrasyon boyamalarındaki prosedürlere işletmede bilerek ya da bilmeyerek uyulmaması.
- Kalibrasyon boyamaları ile karşılaştırıldığında malzemenin fiziksel formundaki değişiklik.
- Prosesdeki hatalar ( hatalı boyarmadde tartımı, sıcaklık, pH..) (Öner, 1996 ).



Şekil 4.11 Bilgisayar ile renk eşleştirme yazılımının algoritması (McDonald, 1987)

## 5. DENEYSEL BÖLÜM

Bu çalışmada spektrofotometre tarafından verilen boyarmadde kombinasyonları ile selülozik elyaf boyanmış ve boyanan tekstil malzemesinin reflektans ölçümleri reflektans spektrofotometresi kullanarak yapılmış ve spektral diagramları incelenmiştir.

### 5.1 Materyal

#### 5.1.1 Kullanılan Kumaş

Çalışmada iki tip kumaş kullanılmıştır. Bunlardan birincisi 100% pamuk interlok tipi örgü kumaş olup 251.5 g/m<sup>2</sup> ağırlığındadır. diğeri ise 100% viscose jersey tipi örgü kumaş olup 247.3 g/m<sup>2</sup> ağırlığındadır. Kullanılan tüm kumaşların kaynatma, kasar gibi ön terbiye işlemleri yapılmıştır. Boyanacak kumaşlar 20°C sıcaklıkta ve %65 bağıl nem içeren koşullarda bekletildikten sonra tartımları yapılmıştır.

#### 5.1.2 Kullanılan Boyarmaddeler ve Diğer Kimyasallar

Yapılan çalışmalarda iki tip reaktif boyarmadde kullanılmıştır. Bunlardan birincisi BASF Firmasına ait Procion H-EXL grubu, diğeri ise Dystar firmasına ait Remazol grubu boyarmaddelerdir. Kullanılan boyarmaddeler aşağıdaki çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1 . Çalışmada kullanılan boyarmaddeler**

PROCION H-EXL	BOYARMADDE	GRUB
	CRIMSON H-EXL	MONOKLORTRIAZIN
	DARK RED H-EXL	
	NAVY H-EXL	
	YELLOW H-EXL	
	RED H-EGXL	
	ORANGE H-EXL	
REMAZOL		
	REMAZOL BLAU BB-133	VINILSULFON
	REMAZOL ROT BB	
	REMAZOL GOLD R	
AMBIFIX		
	AMBIFIX YELLOW VRNL	VINILSULFON
	AMBIFIX ORANGE V-3R	

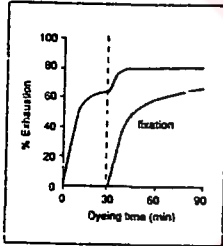
### 5.1.2.1 Monoklortriazin reaktif grup içeren (Procion HEXL) Boyarmaddelerin boyama özellikleri

Yapılan çalışmalarda monoklortriazin ( Procion HEXL) ve vinilsülfon (Remazol) reaktif gruba sahip boyarmaddeler kullanılmıştır. Remazol boyarmaddeler için boyama özelliklerini gösteren grafikler olmadığı için sadece Procion H-EXL boyarmaddelerine ait boyama özelliklerini gösteren grafiklere yer verilmiştir.

Kullanılan boyarmaddelerin çekim&fiksasyon eğrileri ile tuz, banyo oranı, sıcaklık fiksasyon zamanı etkisini gösteren grafikler aşağıda görülecektir.

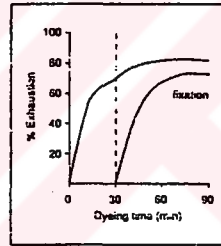
### PROCION H-EXL BOYARMADDELERİNİN ÇEKİM & FİKSASYON EĞRİLERİ (BASF)

#### Procion Deep Red H-EXL



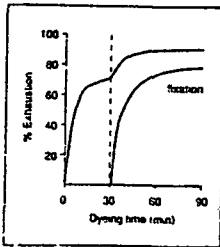
Procion  
Deep Red  
H-EXL

#### Procion Brilliant Red H-EGXL



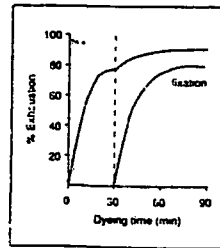
Procion  
Brilliant Red  
H-EGXL

#### Procion Yellow H-EXL



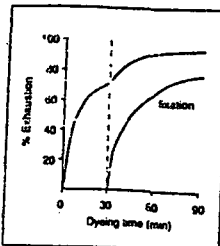
Procion  
Yellow H-EXL

#### Procion Navy H-EXL



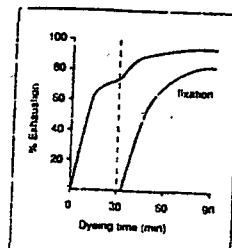
Procion  
Navy H-EXL

#### Procion Crimson H-EXL



Procion  
Crimson H-EXL

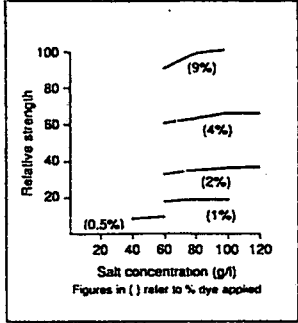
#### Procion Brilliant Orange H-EXL



Procion  
Brilliant Orange  
H-EXL

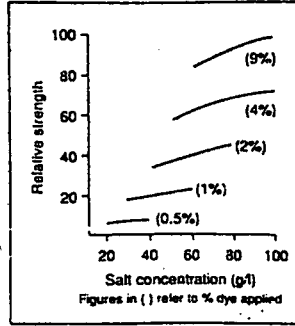
PROCION H-EXL BOYARMADDELERİNİN FİKSASYONUNA TUZ ETKİSİ (BASF)

**Procion Deep Red H-EXL**



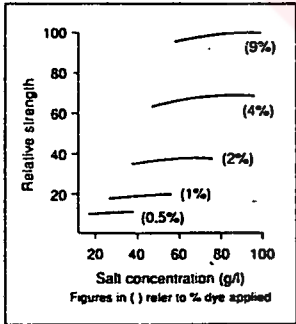
Procion Deep Red H-EXL

**Procion Brilliant Red H-EGXL**



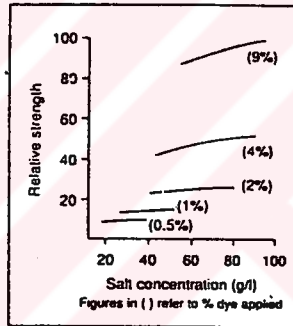
Procion Brilliant Red H-EGXL

**Procion Yellow H-EXL**



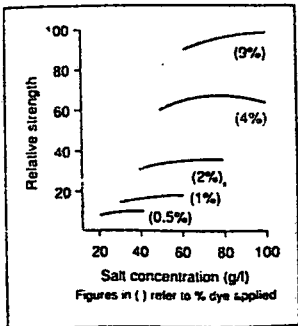
Procion Yellow H-EXL

**Procion Navy H-EXL**



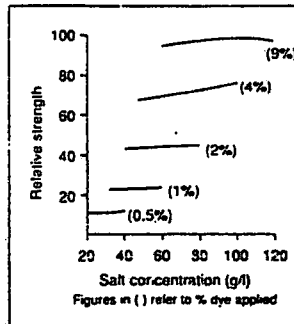
Procion Navy H-EXL

**Procion Crimson H-EXL**



Procion Crimson H-EXL

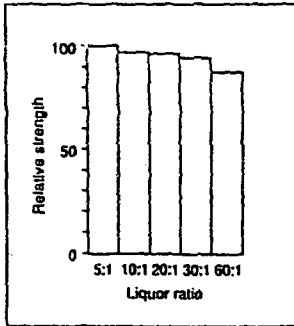
**Procion Brilliant Orange H-EXL**



Procion Brilliant Orange H-EXL

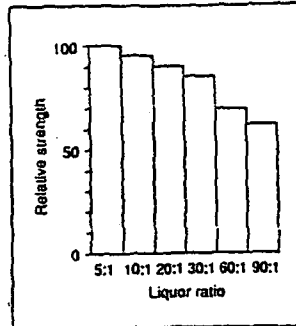
PROCION H-EXL BOYARMADDELERİNİN FİKSASYONUNA BANYO ORANI  
ETKİSİ (BASF)

**Procion Deep Red H-EXL**



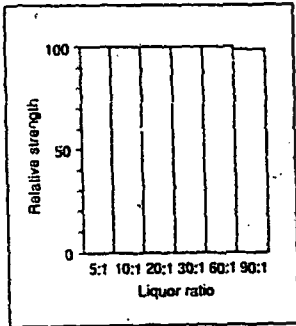
Procion  
Deep Red  
H-EXL

**Procion Brilliant Red H-EGXL**



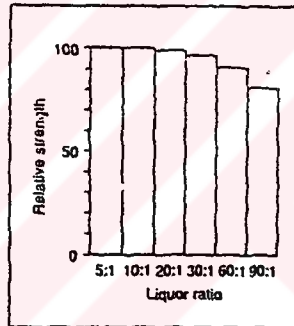
Procion  
Brilliant Red  
H-EGXL

**Procion Yellow H-EXL**



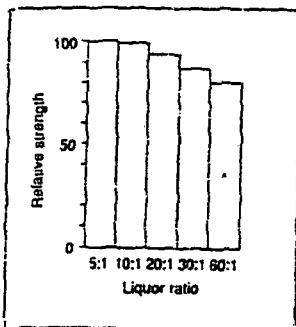
Procion  
Yellow H-EXL

**Procion Navy H-EXL**



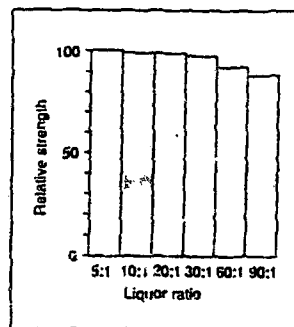
Procion  
Navy H-EXL

**Procion Crimson H-EXL**



Procion  
Crimson H-EXL

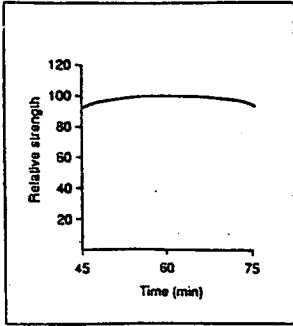
**Procion Brilliant Orange H-EXL**



Procion  
Brilliant Orange  
H-EXL

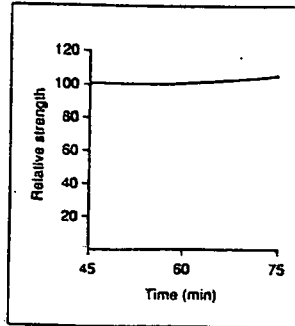
PROCION H-EXL BOYARMADDELERİNİN FİKSASYONUNA SÜRENİN ETKİSİ  
(BASF)

**Procion Deep Red H-EXL**



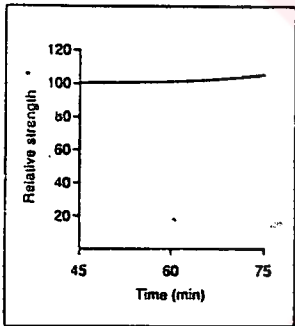
Procion  
Deep Red  
H-EXL

**Procion Brilliant Red H-EGXL**



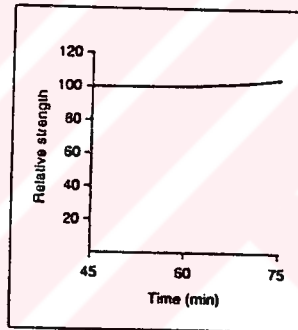
Procion  
Brilliant Red  
H-EGXL

**Procion Yellow H-EXL**



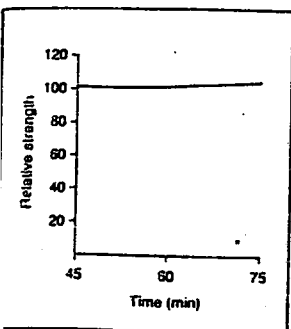
Procion  
Yellow H-EXL

**Procion Navy H-EXL**



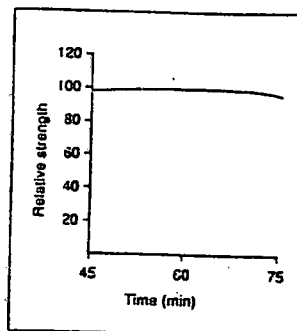
Procion  
Navy H-EXL

**Procion Crimson H-EXL**



Procion  
Crimson H-EXL

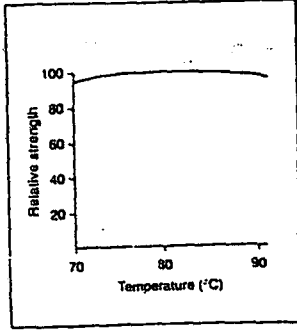
**Procion Brilliant Orange H-EXL**



Procion  
Brilliant Orange  
H-EXL

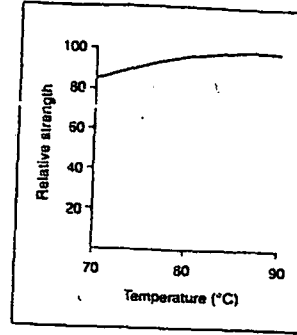
PROCION H-EXL BOYARMADDELERİNİN FİKSASYONUNA SICAKLIK ETKİSİ  
(BASF)

**Procion Deep Red H-EXL**



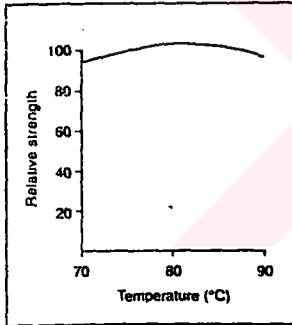
Procion  
Deep Red  
H-EXL

**Procion Brilliant Red H-EGXL**



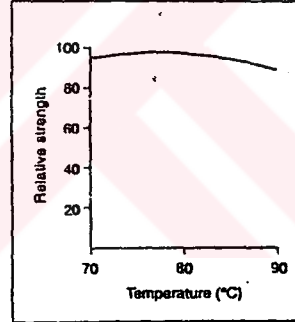
Procion  
Brilliant Red  
H-EGXL

**Procion Yellow H-EXL**



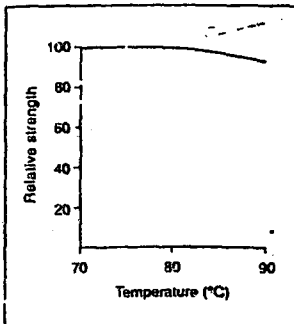
Procion  
Yellow H-EXL

**Procion Navy H-EXL**



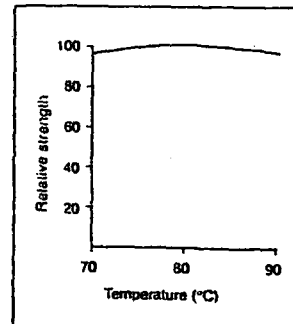
Procion  
Navy H-EXL

**Procion Crimson H-EXL**



Procion  
Crimson H-EXL

**Procion Brilliant Orange H-EXL**



Procion  
Brilliant Orange  
H-EXL

### 5.1.3 Boyama aygıtı

Çalışmalar laboratuvar tipi Ahiba Turbomat 6 / II boyama ekipmanı kullanılarak yapılmıştır.

Bu cihazın sıcaklık aralığı 25-140<sup>0</sup> C'dir.

### 5.1.4 Renk ölçüm cihazı

Yapılan çalışmalarda iki farklı renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

İstenilen renkler için boyama reçetesi alınmasında ve kalite kontrolü için;

- Gretag Macbeth Color Eye® 7000 Spectrophotometer kullanılmıştır. Ayrıca bu spektrofotometre renk eşleştirme için Color Swatch 3.12 programını kullanmaktadır.

İstenilen renge en yakın olarak elde edilen renk ile istenilen renk arasındaki spektral değerlerin ölçülüp, diagramlarının çizilmesi için;

- X-Rite QA Master SP 68 Spectrophotometer kullanılmıştır.

## 5.2 Yöntem

Yapılan çalışmalarda ilk önce istenilen 4 renk için renk ölçüm cihazı kullanılarak uygun reçeteler alınmıştır. Boyama reçeteleri çizelge 5.3 – 5.10’da görülmektedir.

### 5.2.1 Boyama reçetelerinin belirlenmesi

İstenilen standart renkler belirlendikten sonra, boyama yapılacak reçeteler renk ölçüm spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiş, bu reçetelerden istenilen renge göre sapma gösterenler üzerinde koloristik çalışmalar yapılarak mümkün olduğunca hedef renge yaklaştırılmaya çalışılmıştır. İstenilen standart renklere ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h$  değerleri çizelge 5.2 ile verilmiştir.

Çizelge 5.2 İstenilen renklerin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h$  değerleri

<i>Parametreler</i>	<i>RENKLER</i>			
	<i>LİLA</i>	<i>KIRMIZI</i>	<i>BEJ</i>	<i>MOR</i>
$L^*$	49.87	41.94	66.23	30.52
$a^*$	15.42	36.87	1.74	19.30
$b^*$	-12.39	10.38	6.94	-11.92
$C^*$	19.78	38.30	7.15	22.68
$h$	321.22	15.72	75.92	328.30

**PROCION H-EXL BOYARMADDELER İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR.**

**Çizelge 5.3 . Lila renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri**

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	NAVY HEXL : 0.230 RED HEGXL : 0.320 YELLOW HEXL : 0.025	PAMUK % 100
REÇETE 2	CRIMSON HEXL : 0.24 0 NAVY HEXL : 0.220 ORANGE HEXL : 0.074	PAMUK % 100
REÇETE 3	CRIMSON HEXL : 0.280 NAVY HEXL : 0.180 ORANGE HEXL : 0.059	PAMUK % 100
REÇETE 4	CRIMSON HEXL : 0.230 NAVY HEXL : 0.180 ORANGE HEXL : 0.050	VİSKON % 100
REÇETE 5	NAVY HEXL : 0.170 RED HEGXL : 0.230 YELLOW HEXL : 0.027	VİSKON % 100
REÇETE 6	CRIMSON HEXL : 0.184 NAVY HEXL : 0.170 ORANGE HEXL : 0.057	VİSKON % 100

**Çizelge 5.4 Kırmızı renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri**

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	D. RED HEXL : 1.460 NAVY HEXL : 0.078 YELLOW HEXL : 0.062	PAMUK % 100
REÇETE 2	NAVY HEXL : 0.095 RED HEGXL : 1.340 ORANGE HEXL : 0.620	PAMUK % 100
REÇETE 3	CRIMSON HEXL : 1.060 NAVY HEXL : 0.066 YELLOW HEXL : 0.640	PAMUK % 100
REÇETE 4	NAVY HEXL : 0.094 RED HEGXL : 1.300 YELLOW HEXL : 0.470	VİSKON % 100
REÇETE 5	CRIMSON HEXL : 0.880 NAVY HEXL : 0.058 YELLOW HEXL : 0.560	VİSKON % 100
REÇETE 6	D.RED HEXL : 1.120 NAVY HEXL : 0.060 YELLOW HEXL : 0.024	VİSKON % 100

**Çizelge 5.5** Bej renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	NAVY HEXL : 0.052 RED HEGXL : 0.017 YELLOW HEXL : 0.083	VİSKON % 100
REÇETE 2	NAVY HEXL : 0.062 ORANGE HEXL : 0.025 YELLOW HEXL : 0.070	VİSKON % 100
REÇETE 3	CRIMSON HEXL : 0.019 NAVY HEXL : 0.054 YELLOW HEXL : 0.094	VİSKON % 100
REÇETE 4	NAVY HEXL : 0.071 RED HEGXL : 0.034 YELLOW HEXL : 0.120	PAMUK % 100
REÇETE 5	NAVY HEXL : 0.061 CRIMSON HEXL: 0.031 YELLOW HEXL : 0.110	PAMUK % 100
REÇETE 6	NAVY HEXL : 0.075 ORANGE HEXL: 0.028 YELLOW HEXL: 0.070	PAMUK % 100

**Çizelge 5.6** Mor renk için Procion H-EXL kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	CRIMSON HEXL : 0.830 D.RED HEXL : 0.680 NAVY HEXL : 0.600	PAMUK % 100
REÇETE 2	CRIMSON HEXL : 1.360 NAVY HEXL : 0.640 YELLOW HEXL : 0.270	PAMUK % 100
REÇETE 3	NAVY HEXL : 0.760 RED HEGXL : 1.270 YELLOW HEXL: 0.340	PAMUK % 100
REÇETE 4	NAVY HEXL : 0.600 RED HEGXL : 0.880 YELLOW HEXL : 0.174	VİSKON % 100
REÇETE 5	CRIMSON HEXL : 0.500 D.RED HEXL : 0.520 NAVY HEXL : 0.480	VİSKON % 100
REÇETE 6	CRIMSON HEXL : 1.060 NAVY HEXL : 0.560 YELLOW HEXL : 0.240	VİSKON % 100

**REMAZOL BOYARMADDELER İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR**

**Çizelge 5.7** Lila renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.380 REMAZOL GOLD RR : 0.086 REMAZOL ROT BB : 0.320	PAMUK % 100
REÇETE 2	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.380 REMAZOL GELB 3GL : 0.110 REMAZOL ROT BB : 0.370	PAMUK % 100
REÇETE 3	AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.116 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.350 REMAZOL ROT BB : 0.350	PAMUK % 100
REÇETE 4	AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.960 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.300 REMAZOL ROT BB : 0.270	VİSKON % 100
REÇETE 5	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.320 REMAZOL GOLD RR : 0.006 REMAZOL ROT BB : 0.240	VİSKON % 100
REÇETE 6	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.330 REMAZOL GELB 3GL : 0.042 REMAZOL ROT BB : 0.310	VİSKON % 100

**Çizelge 5.8** Kırmızı renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	AMBIFIX ORANGE V – 3R : 1.300 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.160 REMAZOL ROT BB : 0.800	PAMUK % 100
REÇETE 2	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.130 REMAZOL GOLD RR : 0.620 REMAZOL ROT BB : 1.540	PAMUK % 100
REÇETE 3	AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.770 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.130 REMAZOL ROT BB : 1.560	PAMUK % 100
REÇETE 4	AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.570 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.150 REMAZOL ROT BB : 1.160	VİSKON % 100
REÇETE 5	AMBIFIX ORANGE V-3R : 0.900 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.190 REMAZOL ROT BB : 0.980	VİSKON % 100
REÇETE 6	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.090 REMAZOL GOLD RR : 0.420 REMAZOL ROT BB : 1.040	VİSKON % 100

**Çizelge 5.9** Bej renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	AMBIFIX ORANGE V – 3R : 0.040 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.110 REMAZOL GOLD RR : 0.080	VİSKON % 100
REÇETE 2	AMBIFIX ORANGE V – 3R : 0.056 AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.086 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.110	VİSKON % 100
REÇETE 3	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.114 REMAZOL GOLD RR : 0.120 REMAZOL ROT BB : 0.034	VİSKON % 100
REÇETE 4	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.128 REMAZOL GOLD RR : 0.120 REMAZOL ROT BB : 0.034	PAMUK % 100
REÇETE 5	AMBIFIX ORANGE V-3R : 0.062 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.140 REMAZOL GOLD RR : 0.090	PAMUK % 100
REÇETE 6	AMBIFIX ORANGE V-3R : 0.076 AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.160 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.140	PAMUK % 100

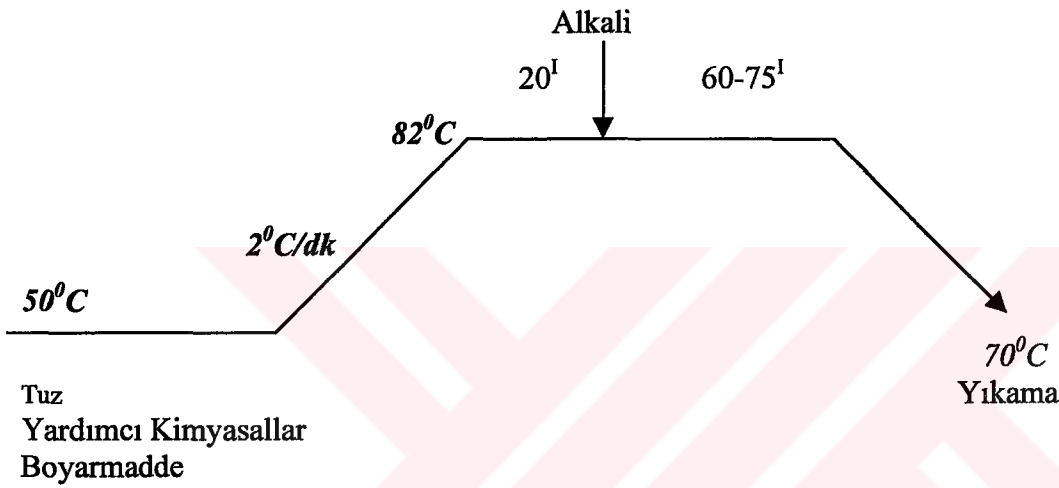
**Çizelge 5.10** Mor renk için Remazol ve Ambifix kullanılarak yapılan boyamalarda kullanılan boyama reçeteleri i

	<b>BOYARMADDE KONSANTRASYONLARI, (%)</b> <i>(Kumaş ağırlığına göre)</i>	<b>KUMAŞ TÜRÜ</b>
REÇETE 1	REMAZOL BLAU BB 133 : 1.100 REMAZOL GOLD RR : 0.280 REMAZOL ROT BB : 1.560	PAMUK % 100
REÇETE 2	AMBIFIX YELLOW VRNL : 0.440 REMAZOL BLAU BB 133 : 1.100 REMAZOL ROT BB : 1.540	PAMUK % 100
REÇETE 3	AMBIFIX ORANGE V-3R : 0.680 REMAZOL BLAU BB 133 : 1.300 REMAZOL ROT BB : 1.100	PAMUK % 100
REÇETE 4	AMBIFIX ORANGE V-3R : 0.560 REMAZOL BLAU BB 133 : 1.020 REMAZOL ROT BB : 1.000	VİSKON % 100
REÇETE 5	AMBIFIX YELLOW VRNL: 0.260 REMAZOL BLAU BB 133 : 0.880 REMAZOL ROT BB : 1.260	VİSKON % 100
REÇETE 6	REMAZOL BLAU BB 133 : 0.760 REMAZOL GOLD RR : 0.260 REMAZOL ROT BB : 1.000	VİSKON % 100

## 5.2.2 Boyama Yöntemleri

### 5.2.2.1 Monoklorotriazin reaktif (Procion H-EXL) grubu içeren boyarmaddeler için boyama şeması

Boyama yöntemi olarak Procion H-EXL boyarmaddelerinin üreticisi BASF' in laboratuvar boyama prosedürü seçilmiştir. Aşağıdaki şekil 5.1'de boyama şeması verilmiştir.



**Şekil 5.1** Procion H-EXL boyarmaddeler için boyama şeması (BASF)

Boyama için BASF tarafından tavsiye edilen tuz ve soda miktarları Çizelge 5.11'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.11** Procion H-EXL ile boyamalarda kullanılan tuz ve soda miktarları (BASF)

<b>Boyarmadde Miktarı</b> (% Kumaş ağırlığına göre)	<b>Tuz (g/l)</b>	<b>Soda (g/l)</b>	<b>Banyo Oranı</b>
0.2	10	10	1:10
0.4	20	10	1:10
0.6	30	15	1:10
0.8	30	15	1:10
1.0	40	15	1:10
2.0	40	15	1:10

Boyamalar 5 g kumaş için 1/10 banyo oranında toplam çözelti miktarı 50 ml olmak üzere laboratuvar tipi kumaş boyama makinesinde yapılmıştır.

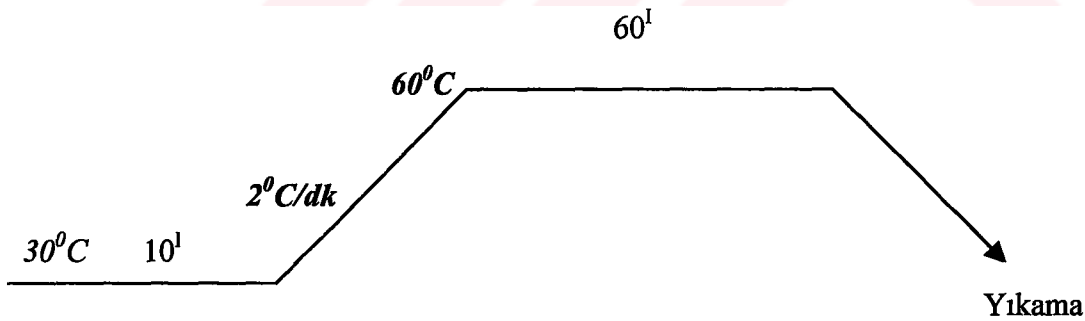
Boyama işlemi biten kumaşlar yıkama işlemine tabi tutulmuşlardır. Yıkama prosedürü aşağıda verilmiştir.

Yıkama Prosedürü:

- Boya banyosundan çıkarılan kumaş 2 dakika hareketli sıcak suda durulanır.
- 95° C sıcaklığındaki suda 30:1 banyo oranında 2g/l sabun ile yıkanır.
- Sabunlama işleminden sonra 2 dakika ılık su ile durulanır.
- Yıkanan kumaş kurutulur ve renk ölçümünden önce % 65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklığındaki bir ortamda kondisyonlanır.

#### 5.2.2.2 Vinilsülfon reaktif grubu içeren (Remazol,Ambifix) boyarmaddeler için boyama yöntemi

Boyama yöntemi olarak Remazol boyarmaddelerinin üreticisi Dyestar'ın önerdiği yöntem seçilmiştir. Aşağıdaki şekil 5.2' de boyama şeması verilmiştir.



Tuz  
Yardımcı Kimyasallar  
Boyarmadde  
Soda  
Kostik  
İyon Tutucu

Şekil 5.2 Remazol boyarmaddeleri için boyama şeması (Dyestar)

Boyama işlemi biten kumaşlar yıkama işlemine tabi tutulmuşlardır. Yıkama prosedürü aşağıda verilmiştir.

**Yıkama Prosedürü:**

- Boya banyosundan çıkarılan kumaş 2 dakika hareketli sıcak suda durulur.
- 95<sup>0</sup> C sıcaklığındaki suda 30:1 banyo oranında 2 g/l sabun ile yıkanır.
- Sabunlama işleminden sonra 2 dakika ılık su ile durulur.
- Yıkanan kumaş kurutulur, % 65 bağıl nem ve 20 <sup>0</sup>C sıcaklığındaki bir ortamda kondisyonlandıktan sonra renk ölçümleri yapılır.



### 5.3 Deney Sonuçları

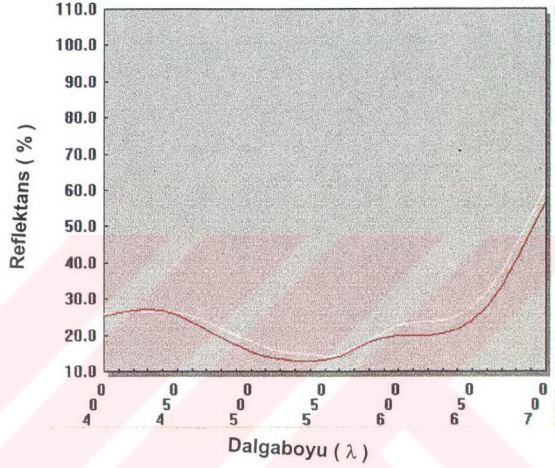
Monoklortriazin ( Procion H-EXL) ve vinilsülfon (Remazol) reaktif gruplarını içeren boyarmaddelerle yapılan çalışmalar sonucunda boyanmış kumaşların  $D_{65}$  ışık kaynağı altında  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  ve  $\Delta E$  değerleri ölçülmüş ve 400-700 nm arasında reflektansları ölçülerek spektral diagramları çizilmiştir. İstenilen standart renge ait diagramları beyaz renk ile gösterilirken yapılan boyama çalışmalarının sonucunda ölçümleri yapılan kumaşların diagramları kırmızı ve yeşil renkler ile gösterilmiştir. Yeşil renk, karşılaştırılan referans renk ile kabul edilebilir renk farkı sınırları içerisinde olduğunu göstermektedir. Kırmızı renk ise karşılaştırılan referans renk ile kabul edilemeyen renk farkı sınırları içerisinde olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.3 ile şekil 5.26 arasındaki spektral diagramlar Procion ile yapılan çalışmalara ait, Şekil 5.27 ile 5.50 arasındaki spektral diagramlar ise Remazol ve Ambifix ile yapılan çalışmalara aittir.

### 5.3.1 Monoklorotriazin (Procion H-EXL) reaktif grubu içeren boyarmaddelerle yapılan boyamaların spektral diagramları

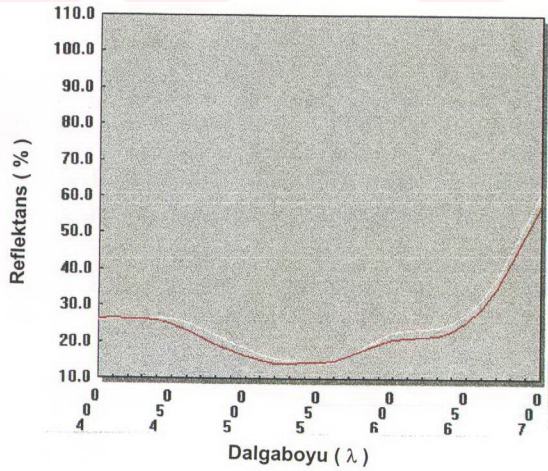
**Şekil 5.3** Lila Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -2.26$   
 $a^* = 1.00$   
 $b^* = -2.29$   
 $C^* = 2.24$   
 $h^* = -3.02$   
 $\Delta E = 3.37$



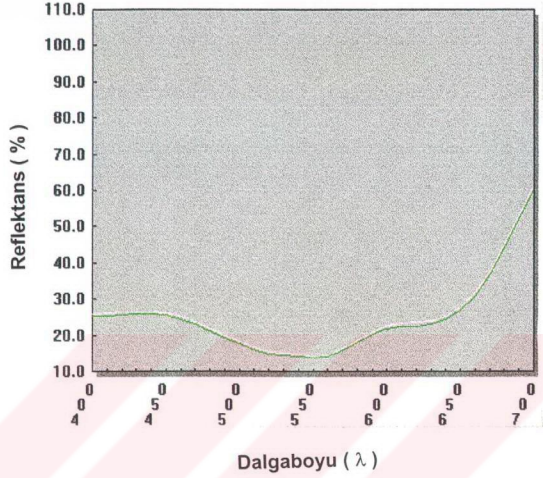
**Şekil 5.4** Lila Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -1.32$   
 $a^* = -0.35$   
 $b^* = 0.18$   
 $C^* = -0.39$   
 $h^* = -0.23$   
 $\Delta E = 1.38$



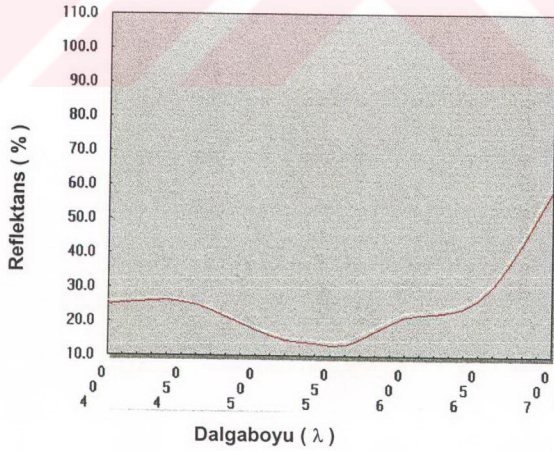
**Şekil 5.5** Lila Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan Boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.79$   
 $a^* = -0.19$   
 $b^* = -0.18$   
 $C^* = -0.03$   
 $h^* = -0.75$   
 $\Delta E = 0.83$



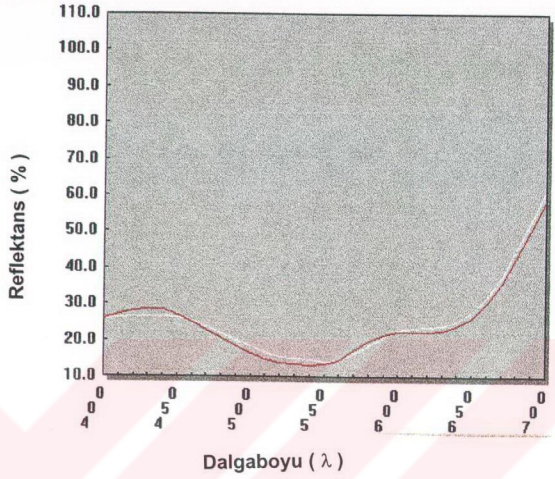
**Şekil 5.6** Lila Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VISKON

$L^* = -1.42$   
 $a^* = 0.38$   
 $b^* = -1.52$   
 $C^* = 1.27$   
 $h^* = -2.58$   
 $\Delta E = 2.11$



**Şekil 5.7** Lila Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

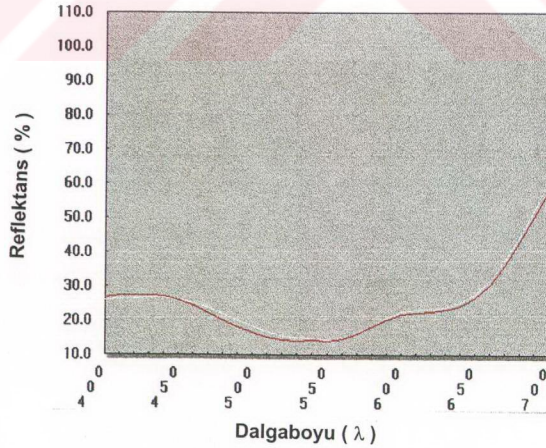
$L^* = -0.83$   
 $a^* = 2.76$   
 $b^* = -2.08$   
 $C^* = 3.45$   
 $h^* = 0.26$   
 $\Delta E = 3.55$



**Şekil 5.8** Lila Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

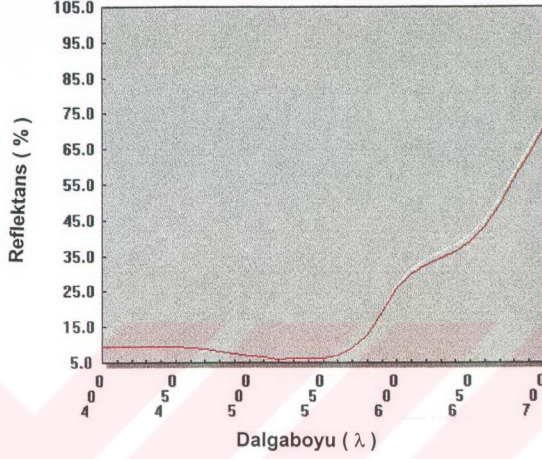
%100 VİSKON

$L^* = -1.42$   
 $a^* = 0.38$   
 $b^* = -1.52$   
 $C^* = 1.27$   
 $h^* = -2.58$   
 $\Delta E = 2.11$



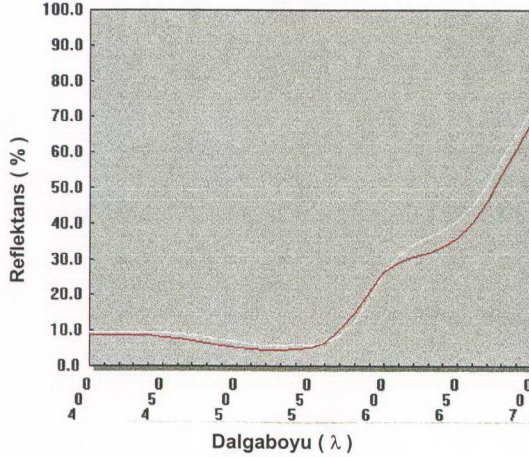
**Şekil 5.9** Kırmızı Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.14$   
 $a^* = -1.69$   
 $b^* = -0.85$   
 $C^* = -1.86$   
 $h^* = -0.57$   
 $\Delta E = 1.90$



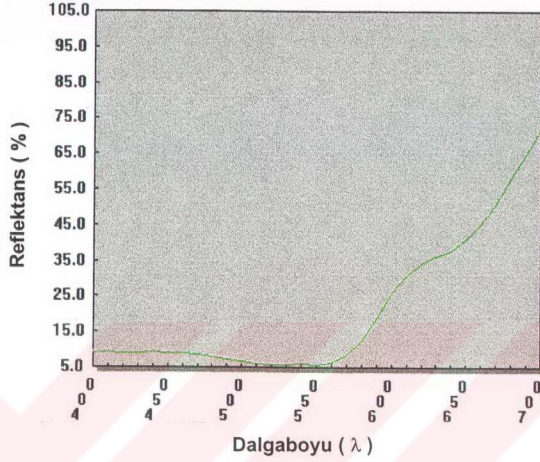
**Şekil 5.10** Kırmızı Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -1.11$   
 $a^* = 0.46$   
 $b^* = 1.85$   
 $C^* = 0.98$   
 $h^* = 2.42$   
 $\Delta E = 2.21$



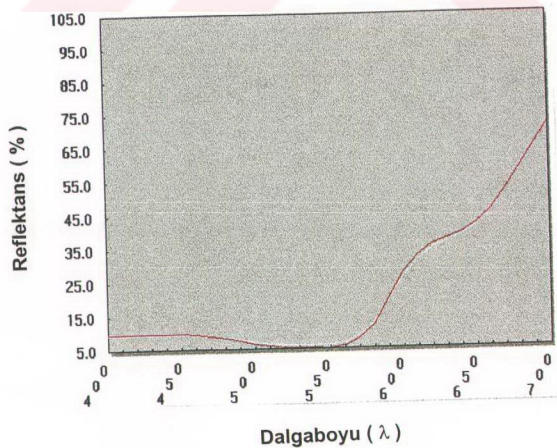
**Şekil 5.11** Kırmızı Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.40$   
 $a^* = 0.24$   
 $b^* = 0.21$   
 $C^* = 0.29$   
 $h^* = 0.20$   
 $\Delta E = 0.51$



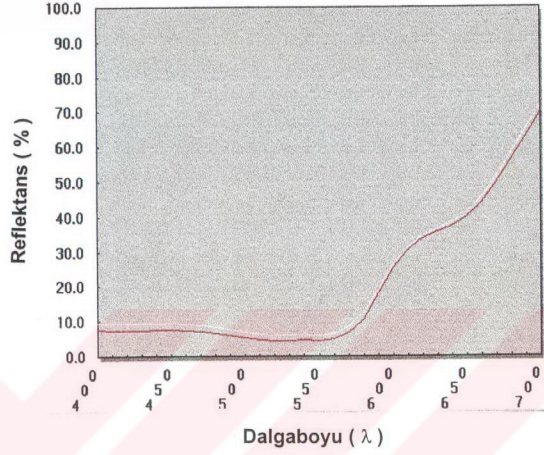
**Şekil 5.12** Kırmızı Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.56$   
 $a^* = 2.92$   
 $b^* = -1.52$   
 $C^* = 2.48$   
 $h^* = -3.17$   
 $\Delta E = 3.34$



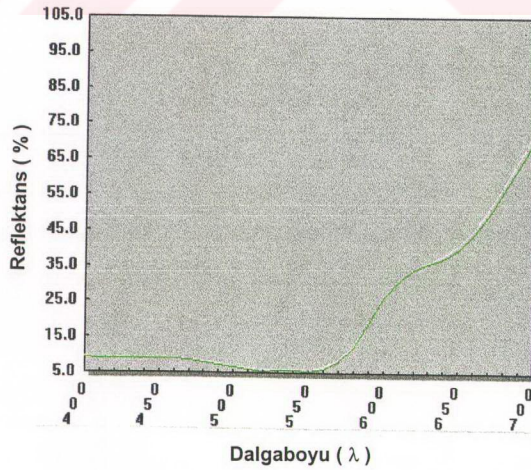
**Şekil 5.13** Kırmızı Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -2.43$   
 $a^* = 3.07$   
 $b^* = 2.38$   
 $C^* = 3.62$   
 $h^* = 2.04$   
 $\Delta E = 4.58$



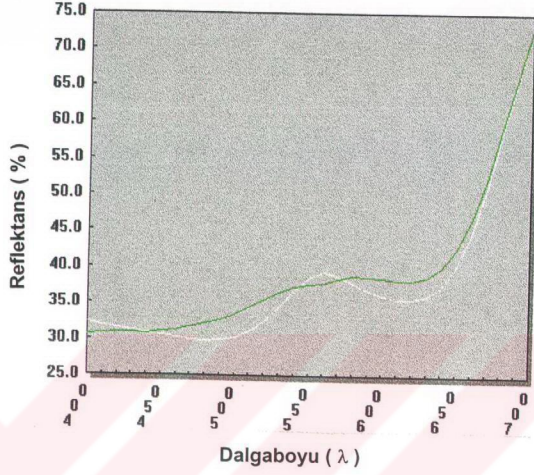
**Şekil 5.14** Kırmızı Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.67$   
 $a^* = 0.73$   
 $b^* = -0.10$   
 $C^* = 0.68$   
 $h^* = -0.43$   
 $\Delta E = 1.00$



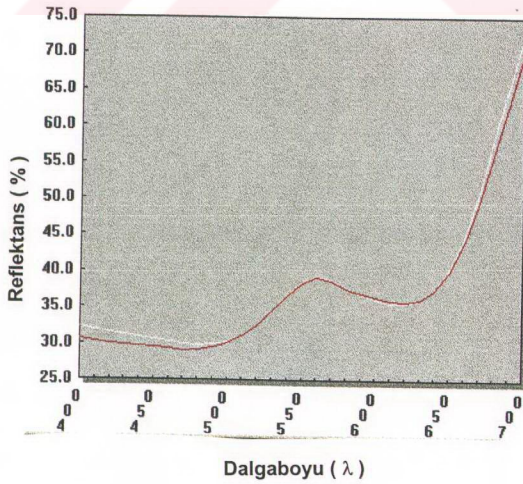
**Şekil 5.15** Bej Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.96$   
 $a^* = -0.37$   
 $b^* = 0.66$   
 $C^* = 0.57$   
 $h^* = 3.86$   
 $\Delta E = 1.22$



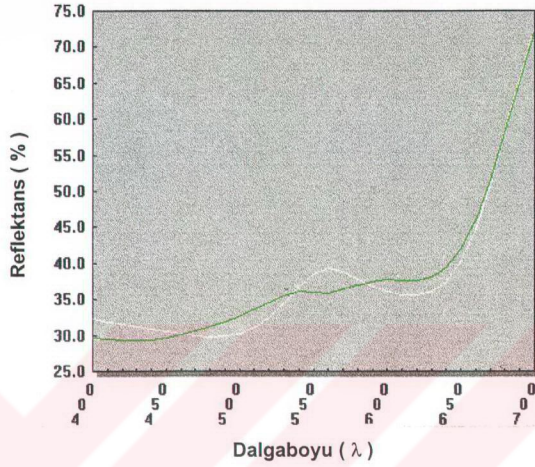
**Şekil 5.16** Bej Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.10$   
 $a^* = -0.30$   
 $b^* = 1.46$   
 $C^* = 1.37$   
 $h^* = 4.35$   
 $\Delta E = 1.49$



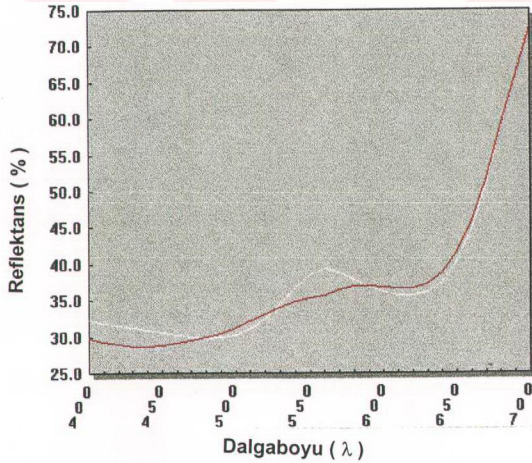
**Şekil 5.17** Bej Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = 0.05$   
 $a^* = -0.30$   
 $b^* = 0.94$   
 $C^* = 0.86$   
 $h^* = 3.72$   
 $\Delta E = 0.99$



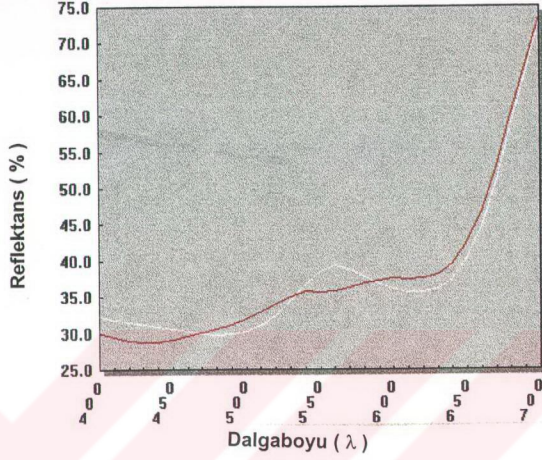
**Şekil 5.18** Bej Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.60$   
 $a^* = 0.40$   
 $b^* = 1.06$   
 $C^* = 1.13$   
 $h^* = 0.90$   
 $\Delta E = 1.28$



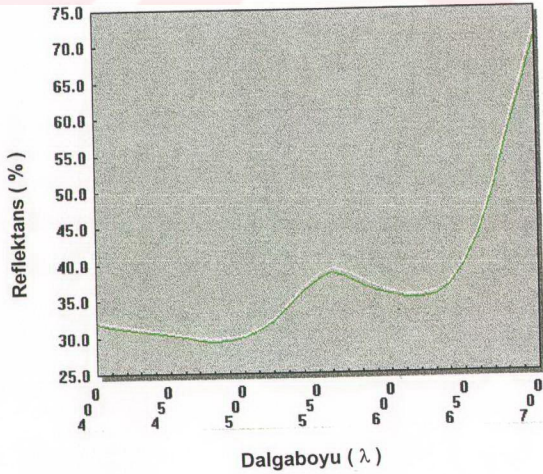
**Şekil 5.19** Bej Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.16$   
 $a^* = 0.12$   
 $b^* = 1.28$   
 $C^* = 1.27$   
 $h^* = 1.33$   
 $\Delta E = 1.30$



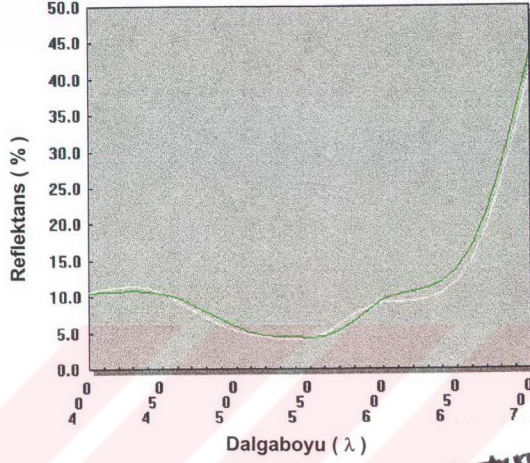
**Şekil 5.20** Bej Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.46$   
 $a^* = -0.06$   
 $b^* = -0.22$   
 $C^* = -0.20$   
 $h^* = -0.92$   
 $\Delta E = 0.51$



**Şekil 5.21** Mor Renk/Reçete 1'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

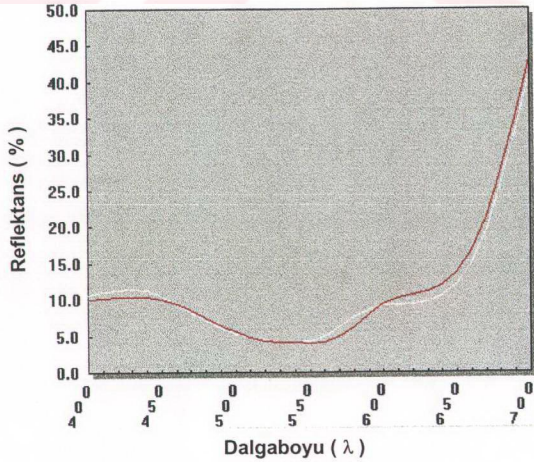
$L^* = -0.25$   
 $a^* = -0.04$   
 $b^* = -0.46$   
 $C^* = -0.20$   
 $h^* = 1.05$   
 $\Delta E = 0.53$



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULTAYI  
 NOKTANILARIN İZLENİMLERİ

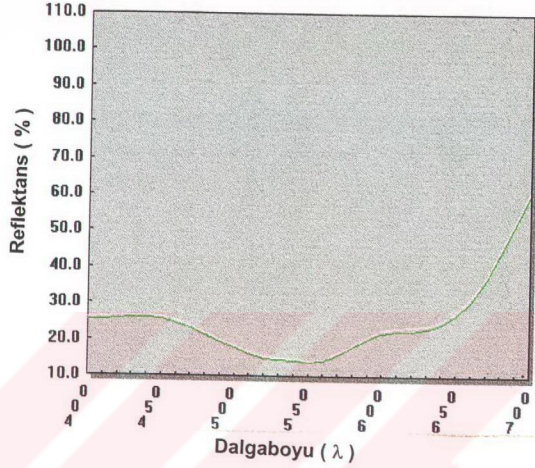
**Şekil 5.22** Mor Renk/Reçete 2'ye ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.44$   
 $a^* = 1.08$   
 $b^* = 0.50$   
 $C^* = 0.68$   
 $h^* = 2.44$   
 $\Delta E = 1.27$



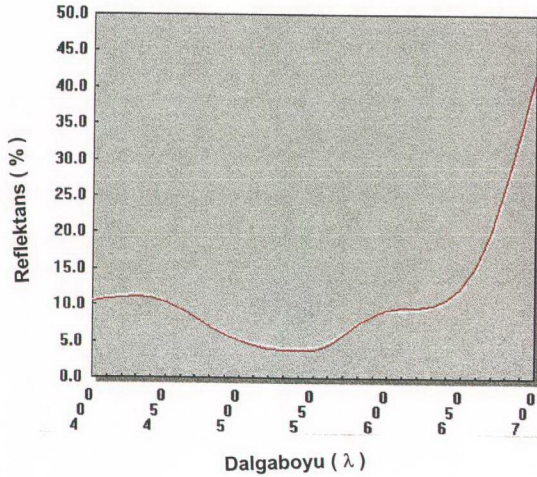
**Şekil 5.23** Mor Renk/Reçete 3'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.79$   
 $a^* = -0.19$   
 $b^* = -0.18$   
 $C^* = -0.03$   
 $h^* = -0.75$   
 $\Delta E = 0.83$



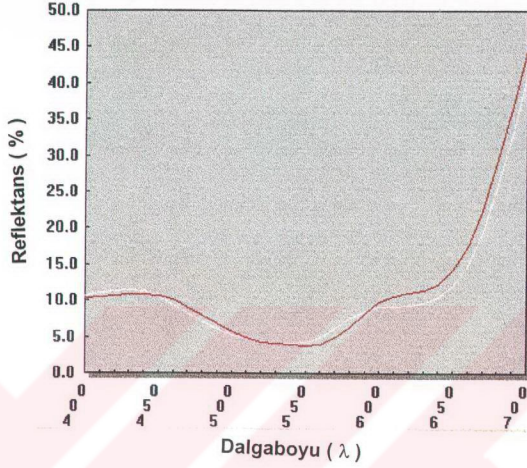
**Şekil 5.24** Mor Renk/Reçete 4'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.49$   
 $a^* = 1.68$   
 $b^* = -0.19$   
 $C^* = 1.54$   
 $h^* = 1.71$   
 $\Delta E = 1.76$



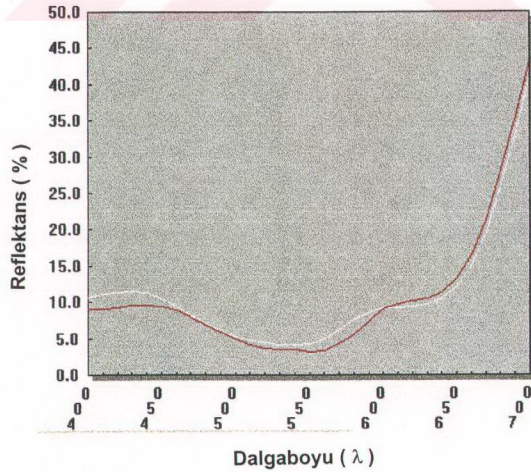
**Şekil 5.25** Mor Renk/Reçete 5'e ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

L\* = -0.05  
a\* = 2.02  
b\* = - 0.46  
C\* = 1.97  
h\* = 1.56  
 $\Delta E = 2.07$



**Şekil 5.26** Mor Renk/Reçete 6'ya ait Procion H-EXL ile yapılan boyamanın % Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

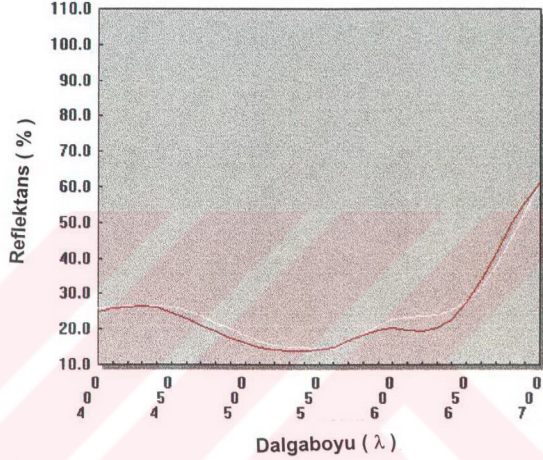
L\* = -2.00  
a\* = 2.58  
b\* = 0.15  
C\* = 2.16  
h\* = 3.42  
 $\Delta E = 3.27$



### 5.3.2 Vinilsülfon (REMAZOL/AMBIFIX) reaktif grubu içeren boyarmaddelerle yapılan boyamaların spektral diagramları.

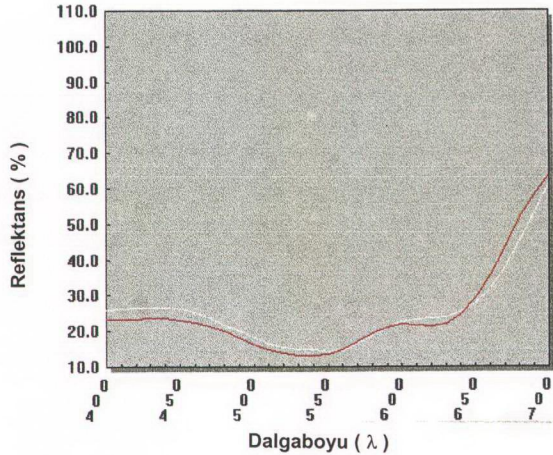
Şekil 5.27 Lila Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -1.43$   
 $a^* = -0.41$   
 $b^* = -0.02$   
 $C^* = -0.31$   
 $h^* = 0.80$   
 $\Delta E = 1.49$



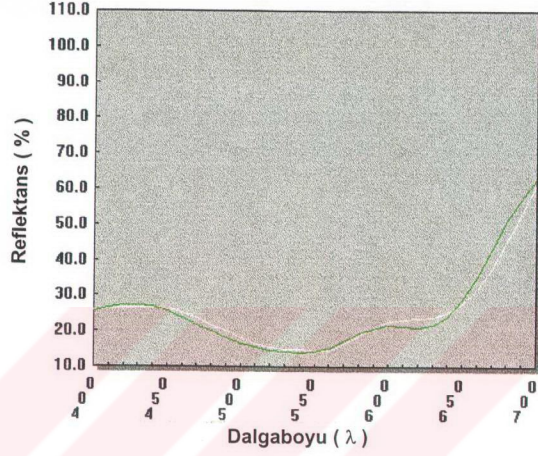
Şekil 5.28 Lila Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -1.12$   
 $a^* = 0.53$   
 $b^* = 2.92$   
 $C^* = -1.23$   
 $h^* = 8.08$   
 $\Delta E = 3.17$



**Şekil 5.29** Lila Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

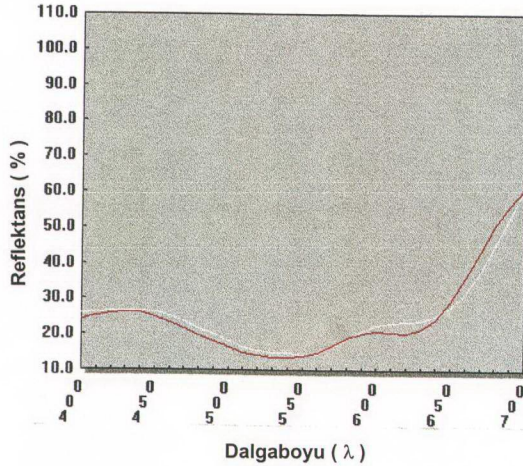
$L^* = -0.68$   
 $a^* = 0.71$   
 $b^* = -0.03$   
 $C^* = 0.58$   
 $h^* = 1.19$   
 $\Delta E = 0.98$



T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
 DOKÜMANİZASYON MERKEZİ

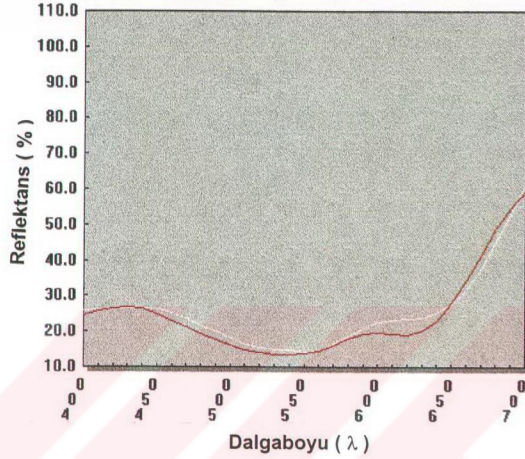
**Şekil 5.30** Lila Renk/Reçete 4'e ait Remazol/ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -1.22$   
 $a^* = 0.76$   
 $b^* = 0.14$   
 $C^* = 0.51$   
 $h^* = 1.65$   
 $\Delta E = 1.44$



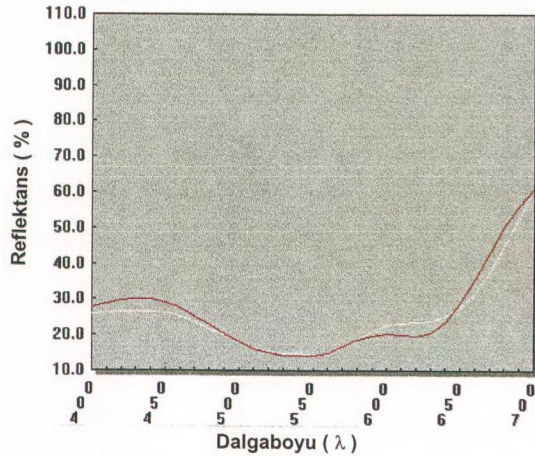
**Şekil 5.31** Lila Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -1.77$   
 $a^* = -0.05$   
 $b^* = -0.96$   
 $C^* = 0.58$   
 $h^* = -2.19$   
 $\Delta E = 2.01$



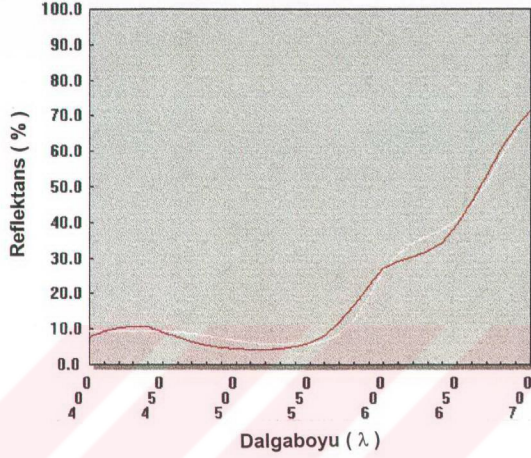
**Şekil 5.32** Lila Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.49$   
 $a^* = 0.17$   
 $b^* = -4.90$   
 $C^* = 3.50$   
 $h^* = -9.18$   
 $\Delta E = 4.93$



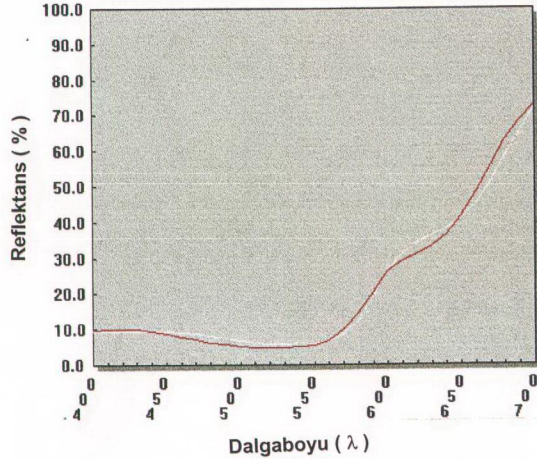
**Şekil 5.33** Kırmızı Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.16$   
 $a^* = 1.64$   
 $b^* = 1.30$   
 $C^* = 1.94$   
 $h^* = 1.15$   
 $\Delta E = 2.10$



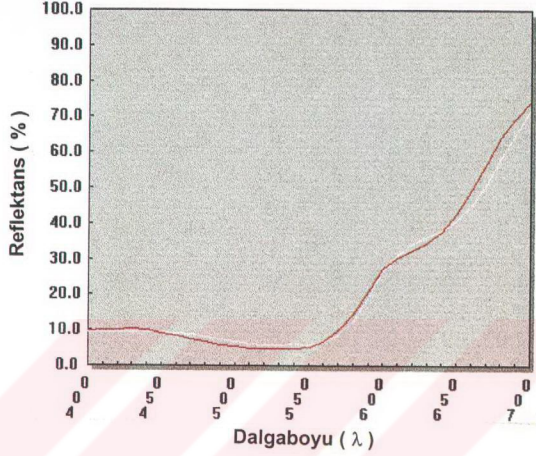
**Şekil 5.34** Kırmızı Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.78$   
 $a^* = 1.57$   
 $b^* = 0.76$   
 $C^* = 1.72$   
 $h^* = 0.44$   
 $\Delta E = 1.91$



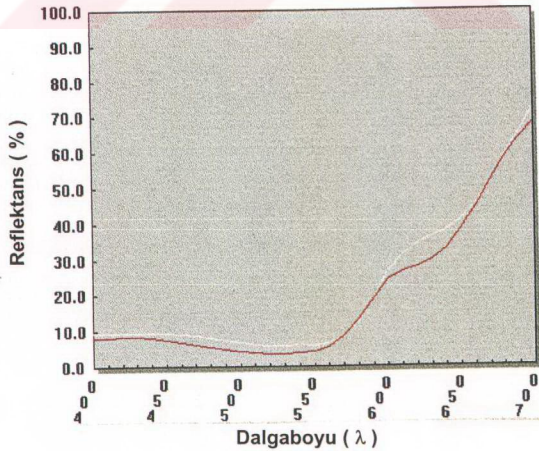
**Şekil 5.35** Kırmızı Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -0.40$   
 $a^* = 2.94$   
 $b^* = 0.00$   
 $C^* = 2.84$   
 $h^* = -1.11$   
 $\Delta E = 2.97$



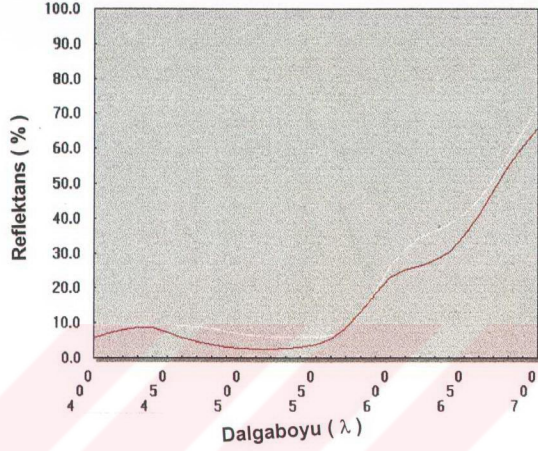
**Şekil 5.36** Kırmızı Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -3.22$   
 $a^* = 2.35$   
 $b^* = 0.98$   
 $C^* = 2.53$   
 $h^* = 0.43$   
 $\Delta E = 4.11$



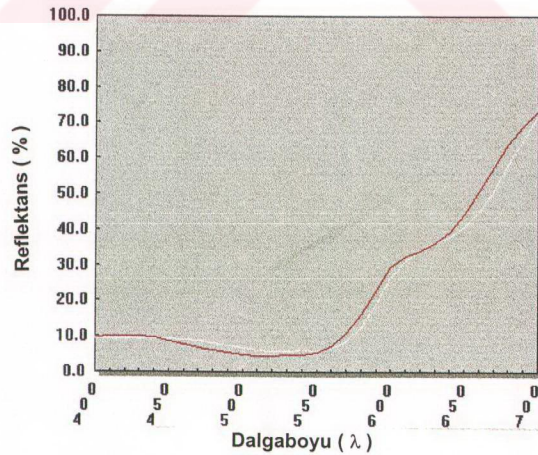
**Şekil 5.37** Kırmızı Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -4.76$   
 $a^* = 3.98$   
 $b^* = 0.86$   
 $C^* = 4.07$   
 $h^* = -0.31$   
 $\Delta E = 6.26$



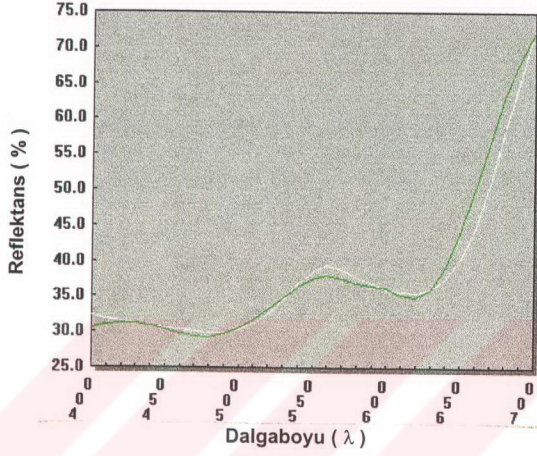
**Şekil 5.38** Kırmızı Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = 0.50$   
 $a^* = 4.05$   
 $b^* = 3.08$   
 $C^* = 4.77$   
 $h^* = 2.48$   
 $\Delta E = 5.11$



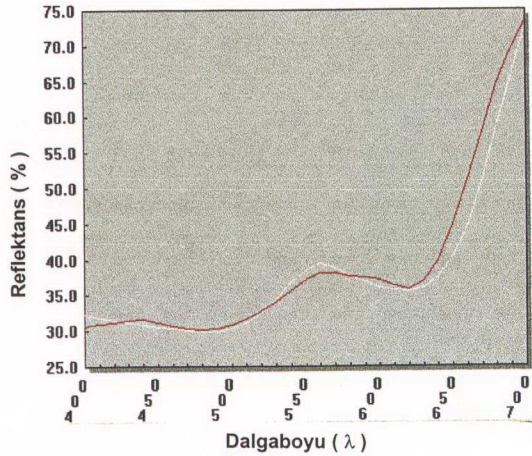
**Şekil 5.39** Bej Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.26$   
 $a^* = 0.29$   
 $b^* = 0.02$   
 $C^* = 0.10$   
 $h^* = -2.19$   
 $\Delta E = 0.39$



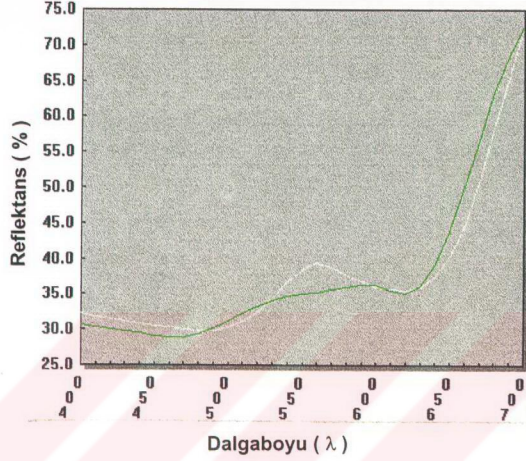
**Şekil 5.40** Bej Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.02$   
 $a^* = 1.40$   
 $b^* = -0.63$   
 $C^* = -0.11$   
 $h^* = -12.38$   
 $\Delta E = 1.54$



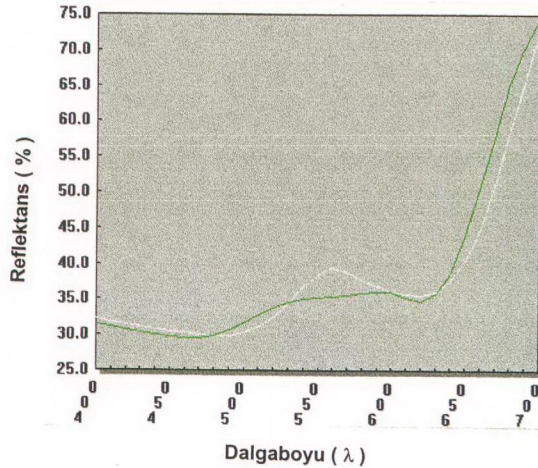
**Şekil 5.41** Bej Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.85$   
 $a^* = 0.45$   
 $b^* = 0.26$   
 $C^* = 0.37$   
 $h^* = -2.84$   
 $\Delta E = -1.00$



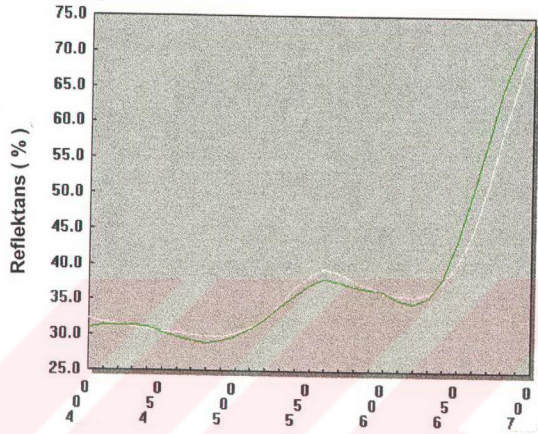
**Şekil 5.42** Bej Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VISKON

$L^* = -0.75$   
 $a^* = -0.05$   
 $b^* = -0.46$   
 $C^* = -0.46$   
 $h^* = -0.54$   
 $\Delta E = 0.88$



**Şekil 5.43** Bej Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

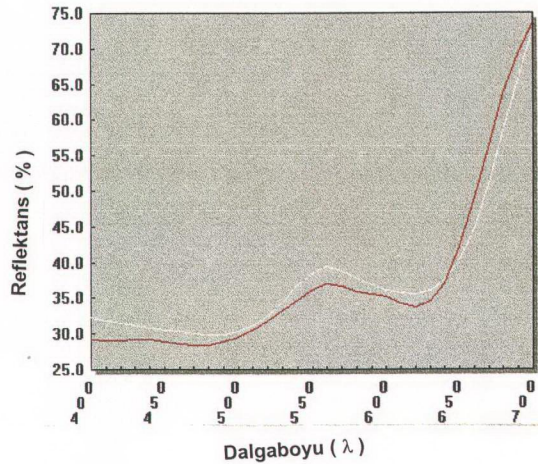
$L^* = -0.53$   
 $a^* = 0.86$   
 $b^* = -0.45$   
 $C^* = -0.16$   
 $h^* = -7.76$   
 $\Delta E = 1.11$



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**Şekil 5.44** Bej Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

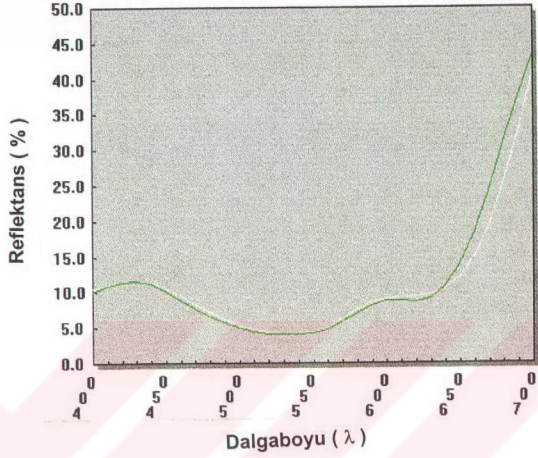
$L^* = -1.15$   
 $a^* = 0.20$   
 $b^* = 0.55$   
 $C^* = 0.58$   
 $h^* = -0.45$   
 $\Delta E = 1.29$



Dalgaboyu ( $\lambda$ )

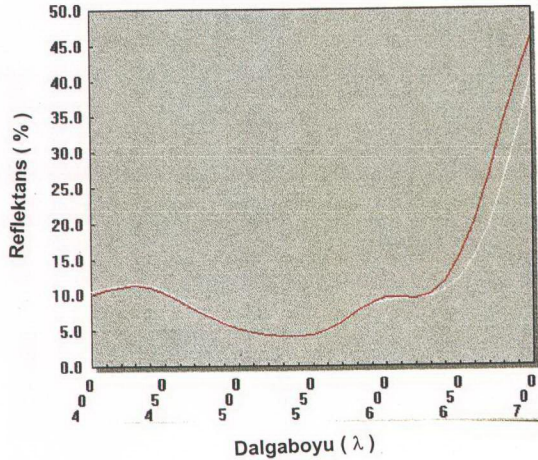
**Şekil 5.45** Mor Renk/Reçete 1'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.75$   
 $a^* = 0.91$   
 $b^* = -0.13$   
 $C^* = 0.85$   
 $h^* = 0.90$   
 $\Delta E = 1.19$



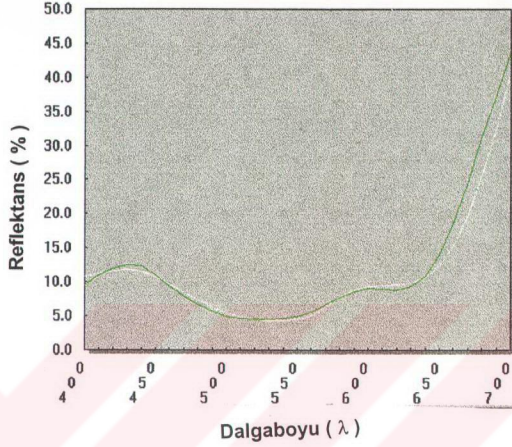
**Şekil 5.46** Mor Renk/Reçete 2'ye ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = 0.36$   
 $a^* = 1.03$   
 $b^* = 1.45$   
 $C^* = 0.18$   
 $h^* = 4.45$   
 $\Delta E = 1.81$



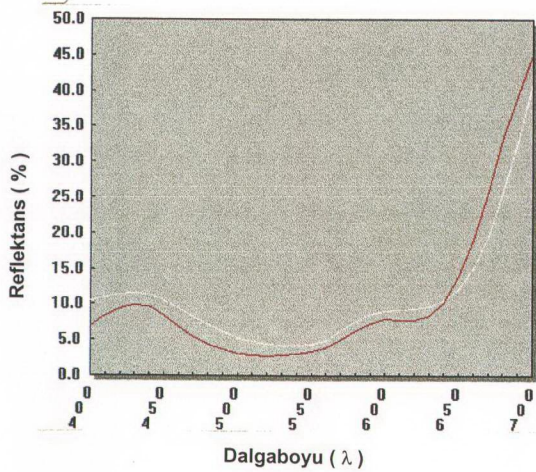
**Şekil 5.47** Mor Renk/Reçete 3'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 PAMUK

$L^* = -0.46$   
 $a^* = 0.06$   
 $b^* = -0.22$   
 $C^* = -0.20$   
 $h^* = -0.92$   
 $\Delta E = 0.51$



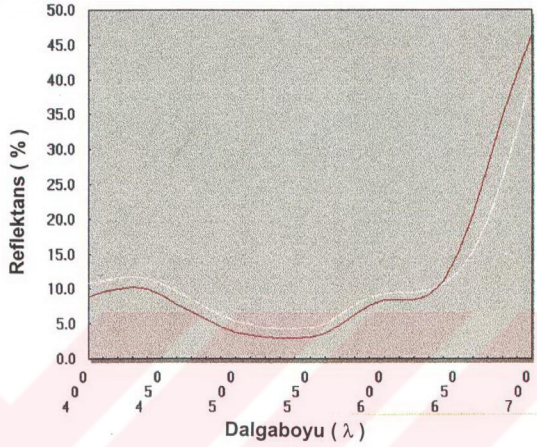
**Şekil 5.48** Mor Renk/Reçete 4'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VISKON

$L^* = -3.53$   
 $a^* = 4.35$   
 $b^* = 1.24$   
 $C^* = 3.27$   
 $h^* = 7.40$   
 $\Delta E = 5.74$



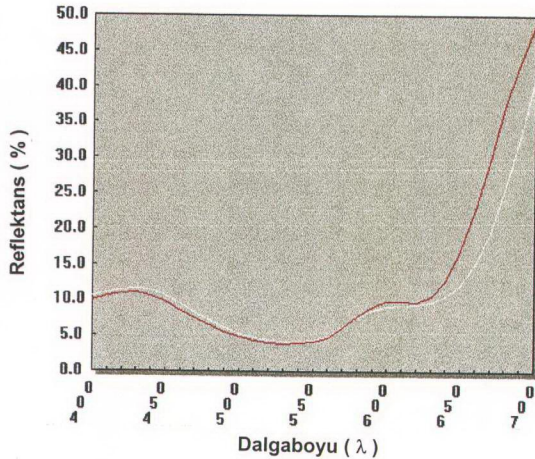
**Şekil 5.49** Mor Renk/Reçete 5'e ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = -3.05$   
 $a^* = 4.72$   
 $b^* = -0.02$   
 $C^* = 4.14$   
 $h^* = 5.30$   
 $\Delta E = 5.62$



**Şekil 5.50** Mor Renk/Reçete 6'ya ait Remazol/Ambifix ile yapılan boyamanın %Reflektans-Dalgaboyu grafiği %100 VİSKON

$L^* = 0.12$   
 $a^* = 3.07$   
 $b^* = 2.56$   
 $C^* = 1.56$   
 $h^* = 8.99$   
 $\Delta E = 4.00$



## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda iki rengin aynı renk sayılması için gerekli olan  $\Delta E \leq 1$  şartı yapılan bazı boyamalar ile sağlandığında 400-700 nm arasındaki reflektans eğrilerinin üst üste çakıştığı ancak şekil 5.15, şekil 5.16 ,şekil 5.17 ,şekil 5.18 ve şekil 5.19'daki reflektans grafiklerine dikkat edildiğinde, referans renk ile aralarındaki renk farkını belirten  $\Delta E$  değeri 1'e yakın olduğu halde referans renk ile aralarındaki karşılaştırmalı Reflektans & Dalga boyu grafiklerinin birbirinden bazı bölgelerde oldukça farklı olduğu görülmüştür. Bunun yanısıra Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de iki rengin reflektans eğrileri birbirine yaklaştığı halde iki renk arasındaki  $\Delta E$  değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5.11'deki reflektans spektrumu şekil 5.12 deki reflektans spektrumundan pek farklı olmamakla birlikte aralarında  $\Delta E$  parametresi ile değerlendirme yapıldığında çok büyük renk farkı olduğu görülmüştür. Şekil 5.24'de referans renk ile boyanmış numunenin reflektans spektrumları birbiri ile örtüştüğü halde renk farkının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmadığı görülmüştür.

Şekil 5.29, şekil 5.39, şekil 5.41, şekil 5.42 , şekil 5.43, şekil 5.45, şekil 5.47' deki reflektans spektrumlarına bakıldığında çoğunluğunun tamamen kabul edilebilir (diğer bir kısmında da çok yaklaşık) renk farkı sınırları içerisinde olduğu halde tamamının referans renk ile aralarındaki karşılaştırmalı reflektans spektrumlarının örtüşmediği görülmüştür.

Hedef rengi yakalamak için renk ölçüm cihazı tarafından yapılan renk eşleştirmelerinde seçilen boya ile verilen reçetelerle yapılan uygulamalarda cihaz tarafından verilen  $\Delta E$  değerlerine yaklaşamadığı yapıların ilk eşleştirmeler ışığında reflektans ile boya konsantrasyonu arasında Kubelka-Munk eşitliği uyarınca sağlanması gereken doğrusallığın sağlanamadığı ve dolayısıyla reçeteler ile yapılan uygulamalarda istenilen rengin elde edilemediği görülmüştür. Yapılan düzeltme reçeteleri ile renk farklılığının azaltılmasına çalışılmış olup bazı renkler ve bazı boyarmaddelerde  $\Delta E$  farkı kabul edilebilir seviyelere çekilememiştir. Bunun olası nedenlerinden birinin boyaların migrasyon ,difüzyon ve absorpsiyon yetenekleri arasındaki farkın uygulamada daha açık ortaya çıktığı görülmüştür.

Bu değerlendirmeler ışığında bir rengin diğer bir renk ile aynı sayılması için sadece  $\Delta E$  değerlerine bakılmasını yeterli olmadığı bu değerlerin yanısıra spektral diagramlarına da

bakılmasının daha yararlı olduğu görüşüne varılmıştır. Çünkü yapılan çalışmalr sonucunda görülmüştür ki  $\Delta E$  renk farkı kabul edilebilir sınırlar arasında olduğu halde spektral veriler uyuşmamış, yine benzer bir şekilde spektral diagramlar uyuştuğu halde  $\Delta E$  renk farkı kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmamıştır.

Referans renk ile boyanmış numunenin reflektans spektrumlarının çakışmaması farklı koşullar dizisi altında (ışık, bakış açısı, ...) farklı görülebileceği şüphesini doğurmaktadır.

Bu çalışmalardan çıkan bir diğer sonuçta renk ölçüm cihazı tarafından yapılan eşleştirmelerin uygulamadan sonra kalite kontrol amacıyla yapılan eşleştirmeler ile aynı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmalar ışığı altında şu da söylenebilir ki; Metamerizm iki numunenin tristimulus değerleri birbirine çok yakın yada eşit ama reflektans eğrileri birbirinden çok uzak ise meydana gelir.

## KAYNAKLAR

Allen, R. L. M. (1971), Color Chemistry, Pitman Press

Amirshahi , S.H. ve Pailthrope, M.T. , (1995), “An Algorithm for Optimizing Color Prediction in Blends” , Textile Research Journal, 65 (11), 632-637.

Amirshahi , S.H. ve Pailthrope, M.T. , (1994), “Applying the Kubelka-Munk Equation to Explain the Color of Blends Prepared from Precolored Fibers” , Textile Research Journal, 64 (6), 357-364.

AATCC Technical Manual, 1995,

AATCC, (1995), Technical Manual, Evaluation Procedures 6 : Instrumental Color Measurement.

BASF, Procion H-EXL Dyes, Exhaust Dyeing of Cotton Fabrics

Başer, İ. (1992), Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi , İstanbul.

Başer, İ. ve İnancı, Y. (1990), Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Carr, C. M. , The Chemistry of Textiles Industry, Blackie Academic & Professional, London.

Cıyanbekov, S. (1996), Pamuklu Kumaşların Reaktif Boyarmaddeler ile Boyanmasında Fiksaj İşleminin Mikrodalga Isıtması ve Buhar Kombinasyonu ile Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayınlanmamış).

Erdoğan, B. ( 1989), Boyalı mamullerde Reflektans Verileri ve Tristimulus Değerlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayınlanmamış).

Gündüz, T. , (1993) , İstrumental Analiz, Bilge Yayıncılık, Ankara.

Harold, R. W. ve Kraai, G. M. , (1996), “ Color: Control it in Production and Protect it in Court” , Textile Chemist and Colorist, Vol 28 No: 10 , October, page 11-16

Kanık, M. , (1988) , Pamuklu Mamullerin Reaktif Boyarmaddeler ile Boyanmasında Kullanılan Yarı Kontinü Boyama Yöntemlerinin Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi. Yüksek lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayınlanmamış)

Kuo, W. G. ve Luo, M. R. , (1996), “Methods for Quantifying Metametism. Part 1 : Visual Assesment. JSDC, Volume 112, November, 1996, page 313-320.

McDonald, R. (1987), Colour Physics for Industry , SDC, England